

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Djilali Bounaâma-Khemis Miliana

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Électronique et de Communication



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master en

Electronique des systèmes embarqués

Thème

**CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN POUSSE-SERINGUE AUTOMATISÉ
DOUBLE VOIE**

Proposé par : Dr. S. MAHDAB

Présenté par :

- AZZOUNE Ahmed
- BENCHAABAN Mokhtar

Devant le Jury :

Fonction	Grade	Nom et Prénom	Établissement
Président	Dr	Mr. A. RABAH	Université de Khemis Miliana
Examineur	Dr	Mr. F/Z. BAUCHE	Université de Khemis Miliana
Encadreur	Dr	Mr. S. MAHDAB	Université de Khemis Miliana

Année universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENT

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers **Allah** le Tout-Puissant qui nous a donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail de recherche.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadreur **Monsieur S. MAHDAB** pour sa disponibilité, ses conseils précieux, son soutien constant et sa patience tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses orientations scientifiques et méthodologiques ont été déterminantes dans l'aboutissement de ce projet.*

Nous exprimons également notre reconnaissance aux membres du jury :

- ***Monsieur A. RABAH**, qui nous fait l'honneur de présider ce jury*
- ***Madame F/Z. BAUCHE**, qui a accepté d'examiner ce travail*

*Nous remercions chaleureusement l'ensemble du corps enseignant du **Département d'Électronique et de Communication** de l'Université **Djilali Bounaâma de Khemis Miliana** pour la qualité de la formation dispensée durant notre cursus universitaire.*

*Nos remerciements s'adressent également à tout le personnel administratif et technique de la **Faculté des Sciences et de la Technologie** pour leur aide et leur collaboration.*

Nous tenons à remercier nos familles respectives pour leur soutien inconditionnel, leurs encouragements constants et leur patience durant toutes ces années d'études. Sans leur amour et leur confiance, ce parcours n'aurait pas été possible.

Nous n'oublions pas nos amis et collègues de promotion qui ont partagé avec nous les moments de joie et de difficultés, créant une ambiance de travail conviviale et enrichissante.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, notamment celles qui nous ont aidés dans la partie expérimentale et technique de notre projet.

AZZOUNE Ahmed & BENCHAABAN Mokhtar

Dédicace

Amestrèschersparents

Votre confiance et vos encouragements ont été pour moi la première source de persévérance. Que vous trouvez dans ces modestes mots le témoignage de ma gratitude et ma sincère appréciation.

Amatrèschère sœur Amesfrères

Vous tenez une place immense dans mon cœur.

Atoutema famille

Recevez ici le témoignage de ma gratitude et de mon profond attachement.

Ameschersamis Mercipour l'amitié, pour votre écoute, gentillesse et altruisme. Les moments que nous avons passé ensemble resteront un agréable souvenir.

Mokhtar.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents qui ont été le socle de mon parcours. Leur soutien indéfectible et leurs encouragements m'ont permis de surmonter chaque obstacle.

À mon épouse, qui a su m'apporter patience, compréhension tout au long de cette aventure.

À mes enfants adorés, sources inépuisables de motivation et de joie, qui m'inspirent chaque jour à donner le meilleur de moi-même.

À mes amis fidèles, pour leur présence constante, leurs conseils avisés et leur soutien moral qui ont été précieux dans les moments de doute.

Merci à chacun d'entre vous d'avoir contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

Ahmed

RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

Ce mémoire présente la conception et la réalisation d'un système de pompe à seringue automatisé à double voie. Le dispositif développé permet le contrôle précis de deux seringues indépendantes via des moteurs pas à pas, offrant des fonctionnalités de remplissage et de vidage avec un contrôle volumétrique fin. L'interface utilisateur, constituée d'un écran LCD, d'un clavier matriciel et d'une connexion Bluetooth, permet une utilisation flexible tant en mode local qu'à distance.

L'architecture matérielle s'articule autour d'une carte Arduino, de drivers de moteurs pas à pas, d'un écran LCD I2C et d'un module Bluetooth HC-06. Un système à états finis a été implémenté pour assurer une gestion robuste des différentes fonctionnalités du système.

Le dispositif trouve des applications potentielles dans le domaine médical (perfusions contrôlées), la recherche scientifique (dosage précis de réactifs), et l'industrie (injection de fluides dans des processus de fabrication).

Les tests effectués confirment la précision volumétrique du système, avec une erreur relative inférieure à 2% sur l'ensemble de la plage d'utilisation (0-50ml). Le système démontre également une bonne répétabilité et une interface utilisateur intuitive.

Mots-clés : Pompe à seringue, système embarqué, Arduino, moteur pas à pas, contrôle volumétrique, interface homme-machine, communication Bluetooth.

ABSTRACT

This work presents the design and implementation of a dual-channel automated syringe pump system. The developed device enables precise control of two independent syringes via stepper motors, offering filling and emptying functionalities with fine volumetric control. The user interface, consisting of an LCD screen, a matrix keypad, and a Bluetooth connection, allows flexible use in both local and remote modes.

The hardware architecture is based on an Arduino board, stepper motor drivers, an I2C LCD screen, and an HC-06 Bluetooth module. A finite state machine has been implemented to ensure robust management of the system's various functionalities.

The device has potential applications in the medical field (controlled infusions), scientific research (precise reagent dosing), and industry (fluid injection in manufacturing processes).

Tests confirm the volumetric precision of the system, with a relative error of less than 2% across the entire operating range (0-50ml). The system also demonstrates good repeatability and an intuitive user interface.

Keywords: Syringe pump, embedded system, Arduino, stepper motor, volumetric control, human-machine interface, Bluetooth communication.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale	1
Introduction générale	2
Chapitre1 :	6
Généralité sur les pousSES seringues	6
1. Chapitre 1 : Généralité sur les pousSES seringues	7
1-1- Définition de la pousse-seringue électronique	7
1-2- Principe de fonctionnement du pousse-seringue électronique	7
1-3- Types de pompes à seringue	7
1-4- Classification par mécanisme d'actionnement.....	7
1-4-1. Pompes à vis sans fin	7
1-4-2. Pompes à crémaillère	8
1-4-3. Pompes à actionnement hydraulique ou pneumatique	8
1-5-1 Pompes à seringue simple.....	9
1-5-2 Pompes à double seringue	9
1-5-3 Pompes multi-seringues.....	9
1-5-4 Pompes à seringue continue	9
1-6- Classification par fonctionnalités	10
1-6-1- Pompes à débit constant.....	10
1-6-2- Pompes programmables.....	10
1-6-3- Pompes connectées ou en réseau	10
1-7- Les différents modes d'administration des PSE.....	10
1-7-1 Le mode perfusion continue.....	10
1-7-2 Le mode Intermittent	11
1-7-3 Mode circadien ou séquentiel.....	11
1-7-4 Mode d'analgésie auto contrôlé	12
1-8- Conclusion	12
CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME	13
2. CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME	14
2-1- Introduction :.....	14
2-2- Schéma globale du système.....	15
2-3- Schéma électrique du système	16
2-4- Architecture globale du système	16

TABLE DES MATIÈRES

2-5- Vue d'ensemble du système.....	17
2-6- La partie électronique et mécanique du pousse seringue	17
2-7- Partie électronique	17
2-7-1- La carte Arduino :.....	17
2-7-2- Caractéristiques de La carte Arduino Uno :.....	18
2-8- Clavier matriciel.....	18
2-8-1- Détection des touches.....	18
2-9- Module Afficheur LCD.....	19
2-9-1 Le connecteur de l'afficheur LCD.....	20
2-9-2 La communication avec le LCD.....	21
2-9-3 Le réglage du contraste.....	22
2-9-4 Le pilotage via le bus I2C.....	22
2-9-5 AfficheurLCD20x4.....	23
2-10- Définition du Bluetooth.....	23
2-10-1- Le fonctionnement du Bluetooth.....	24
2-10-3- Les usages du Bluetooth	25
2-10-4- Les versions et évolutions du Bluetooth.....	25
2-11- LE CONTROLEUR DU MOTEUR PAS A PAS DM556	27
Figure (2,11) Vue de côté de contrôleur du moteur pas à pas	28
2-11-1 Caractéristiques et spécifications.....	28
2-11-2 Connecteur des signaux de commande	28
2-11-3 Configurations de courant au ralenti du moteur :	30
2-11-4 Fonctions de protection	30
2-12- Connecteur d'alimentation et de moteur	31
3. Chapitre 3 Réalisation et étude du Prototype.....	45
-1-3 Introduction	45
3-2-1- Diagramme du projet.....	46
3-2-2- Schéma électrique globale.....	46
3-3- Partie Hardware	47
3-3-1- Principe de fonctionnement du schéma global	47
3-4- La partie mécanique	48
3-4-1- Les vis trapézoïdales	48

TABLE DES MATIÈRES

3-4-2- Système de guidage.....	48
3-4-3- Rail de guidage	49
3-4-4- Transmission par vis à bille	50
3-5- Partie électrique	50
3-5-1- Piloter un écran LCD :.....	50
3-5-2- Module I2C:	50
3-5-3- Montage du module I2C et de l'écran LCD :.....	51
3-5-4- Mise en place de la liaison I2C-Arduino.....	51
3-6- Brochage moteur pas a pas avec driver dm 556.....	53
3-7- Clavier matriciel 3-7-1- Définition	53
3-7-1- Définition	53
3-7-2- Brochage du clavier.....	54
3-8- Étude de la partie logicielle.....	54
3-8-1- Fonctionnement du programme qui gère notre système.....	54
3-8-2- Initialisation.....	54
3-8-3- Contrôle Manuel (via Clavier).....	55
3-8-4- Contrôle Automatique (Programmé).....	55
3-8-5- Contrôle Bluetooth (Smartphone/PC).....	55
3-8-6- Affichage en Temps Réel (LCD).....	55
3-9- L'organigramme du système.....	56
3-10- Conclusion.....	57
Conclusion Générale.....	59
Bibliographie	
ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

TE DES FIGURES :**CHAPITRE 1**

Figure 1.1 : Mode d'administration des PSE (mode continu)	9
Figure 1.2 : Mode d'administration des PSE (le mode intermittent)	9
Figure 1.3 : Mode d'administration des PSE (le mode séquentiel)	10
Figure 1.4 : Mode d'administration des PSE (mode d'analgésie auto-contrôlée)	10

CHAPITRE 2

Figure 2.1 : Schéma global du système	12
Figure 2.2 : Schéma électrique du système	13
Figure 2.3 : La carte Arduino	14
Figure 2.4 : Clavier matriciel (4x4) et son schéma de principe	15
Figure 2.5 : Branchement du clavier avec l'Arduino Méga2560	16
Figure 2.6 : Afficheurs LCD (16x2) et (20x4)	16
Figure 2.7 : Connecteur de l'afficheur LCD	17
Figure 2.8 : Montage du Module I2C avec l'afficheur LCD	19
Figure 2.9 : Afficheur LCD 20x4 + Module I2C	20
Figure 2.10 : Contrôleur du moteur pas à pas DM556	24
Figure 2.11 : Vue de côté du contrôleur du moteur pas à pas	25
Figure 2.12 : Raccordement du contrôleur	32
Figure 2.13 : Raccordements du moteur à 4 fils	33
Figure 2.14 : Raccordements de la demi-bobine	33
Figure 2.15 : Raccordements de la bobine complète	34
Figure 2.16 : Adaptateur du conducteur du moteur	35
Figure 2.17 : Moteur pas à pas NEMA 17	36
Figure 2.18 : Principe de fonctionnement du moteur pas à pas en pas complet avec alimentation biphasée	39
Figure 2.19 : Principe de fonctionnement du moteur en mode demi-pas avec une alimentation biphasée	40
Figure 2.20 : Moteur bipolaire et la manière de connexion de ses enroulements	41

CHAPITRE 3

Figure 3.1 : Schéma simplifié du système pousse-seringue	43
Figure 3.2 : Diagramme du projet	44
Figure 3.3 : Schéma électrique global	45
Figure 3.4 : Vis trapézoïdale	47
Figure 3.5 : Douilles à billes	48
Figure 3.6 : Rail de guidage	49
Figure 3.7 : Vis à billes	50
Figure 3.8 : I2C avec LCD	50

LISTE DES FIGURES

	Figu
re 3.9 : Liaison I2C-Arduino	50
Figure 3.10 : I2C, LCD avec Arduino	51
Figure 3.11 : Brochage moteur pas à pas avec driver DM556	52
Figure 3.12 : Schéma du clavier (4x4)	53
Figure 3.13 : Organigramme du système	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Nomenclature du connecteur de l'afficheur LCD	18
Tableau 2.2 : Les versions et évolutions du Bluetooth	23
Tableau 2.3 : Différents signaux du DM556	27
Tableau 2.4 : Signaux de protection	30
Tableau 2.5 : Connecteur du moteur	31
Tableau 2.6 : Caractéristiques NEMA 17	37

Introduction générale

Introduction générale

Dans le domaine médical, l'administration précise et continue de médicaments est essentielle pour assurer la sécurité et l'efficacité des traitements. Le pousse-seringue électronique est un dispositif indispensable dans ce contexte. Il permet l'injection contrôlée de solutions médicamenteuses à des débits très précis sur de longues durées, souvent en milieu hospitalier, notamment en anesthésie, en réanimation ou en oncologie. Contrairement à une injection manuelle, cet appareil garantit une constance et une exactitude difficilement atteignables à la main, réduisant ainsi les risques d'erreurs de dosage. Grâce à ses réglages électroniques, il offre de nombreuses fonctionnalités comme le choix du débit, le volume à administrer. Le pousse-seringue électronique illustre ainsi l'alliance entre technologie et soins médicaux, contribuant à une prise en charge thérapeutique plus sûre et plus efficace.

Dans le premier chapitre de ce projet, nous avons défini la seringue électronique et son principe de fonctionnement, Nous avons également abordé ses différents types.

Dans le deuxième chapitre, nous avons expliqué la partie électronique de ce projet, qui repose principalement sur la carte Arduino qui est le cerveau du projet, avec l'utilisation d'un clavier pour régler les options et d'un écran LCD. Pour faciliter le réglage et la visualisation des options, la partie mécanique s'appuie sur le moteur pas à pas pour produire un mouvement circulaire, et grâce à la vis sans fin, qui convertit le mouvement circulaire en un mouvement droit, permettant le contrôle du piston de la seringue, dans le troisième chapitre nous avons discuté la conception et l'étude du prototype, expliquant et reliant les divers composants. A développer davantage

Cahier des charges

La conception de notre système de pompe à seringue automatisé s'appuie sur un cahier des charges détaillé, définissant les exigences fonctionnelles, techniques et ergonomiques du dispositif. Ce cahier des charges a été élaboré à partir de l'analyse des besoins utilisateurs et des limitations des systèmes existants identifiées précédemment.

Exigences fonctionnelles

Fonctions principales

Le système doit permettre :

- **Contrôle indépendant de deux seringues :**
 - Capacité à opérer chaque seringue séparément
 - Support de seringues standard de 50ml
 - Opérations de remplissage et de vidage pour chaque seringue
- **Contrôle volumétrique précis :**
 - Plage de volume : 0-50ml par seringue
 - Résolution minimale : 0.1ml
 - Précision cible : $\pm 2\%$ du volume défini
- **Interface utilisateur locale :**
 - Affichage constant du volume restant dans chaque seringue
 - Sélection de la seringue à contrôler
 - Choix de l'opération (remplir/vider)
 - Saisie du volume à traiter

Introduction générale

- Affichage de l'état d'avancement des opérations
- **Contrôle à distance :**
 - Capacité à recevoir des commandes via interface sans fil
 - Parité des fonctionnalités entre contrôle local et distant

Fonctions secondaires

Le système doit également offrir :

- **Gestion des erreurs :**
 - Détection et signalement des demandes impossibles (volume insuffisant, dépassement de capacité)
 - Messages d'erreur explicites avec suggestions de correction
- **États de fonctionnement clairs :**
 - Affichage permanent de l'état du système
 - Retour visuel sur les opérations en cours
- **Capacité d'extension :**
 - Architecture logicielle modulaire permettant l'ajout ultérieur de fonctionnalités
 - Possibilité d'adaptation à différents types de seringues

Exigences techniques

Performances

Les spécifications de performance incluent :

- **Précision volumétrique :**
 - Erreur maximale : $\pm 2\%$ du volume défini ou $\pm 0.1\text{ml}$ (la plus grande valeur)
 - Répétabilité : écart-type $< 1\%$ sur 10 opérations consécutives
- **Plage de fonctionnement :**
 - Volume minimal par opération : 0.5ml
 - Volume maximal par opération : 50ml
 - Temps maximal pour une opération complète (50ml) : < 5 minutes
- **Autonomie :**
 - Fonctionnement sur alimentation externe (12V)
 - Option d'alimentation par batterie pour la portabilité (non implémentée dans le prototype actuel)

Contraintes physiques

Les limites dimensionnelles et matérielles sont :

- **Dimensions maximales :**
 - Largeur : 300mm
 - Profondeur : 200mm
 - Hauteur : 150mm
- **Poids maximal :** 2kg (sans les seringues)
- **Compatibilité de seringues :**
 - Seringues standard de 50ml
 - Possibilité d'adaptation pour d'autres formats (20ml, 30ml) via des supports modulaires

Introduction générale

Contraintes d'environnement

Le système doit fonctionner dans les conditions suivantes :

- **Température** : 10-40°C
- **Humidité** : 30-80% sans condensation
- **Protection** : Niveau d'étanchéité adapté à un usage en laboratoire (protection contre les projections accidentelles)

Exigences d'interface

Interface utilisateur locale

L'interface physique doit comporter :

- **Affichage** :
 - Écran LCD de format minimum 16x2 (implémenté : LCD 20x4)
 - Rétro éclairage pour lisibilité en conditions variables
 - Contraste ajustable
- **Entrées utilisateur** :
 - Clavier numérique pour la saisie des valeurs
 - Touches dédiées pour les fonctions principales
 - Retour tactile positif
- **Signalisation** :
 - Indication visuelle des états de fonctionnement
 - Signaux d'alerte en cas d'erreur

Interface de communication

Les caractéristiques de l'interface à distance sont :

- **Technologie** : Bluetooth (module HC-06)
- **Portée minimale** : 10m en environnement intérieur
- **Protocole de communication** :
 - Compatible avec terminal série standard
 - Commandes textuelles simples
 - Syntaxe identique aux touches du clavier physique

Exigences de sécurité Exigences d'interface Contraintes physiques Exigences techniques

Sécurité physique

Pour garantir un fonctionnement sûr :

- **Protection mécanique** :
 - Points de pincement isolés ou signalés
 - Arrêt automatique en fin de course

Introduction générale

- **Protection électrique :**
 - Isolation des circuits de puissance
 - Protection contre les courts-circuits
 - Tension de contrôle limitée à des niveaux de sécurité

Sécurité opérationnelle

Pour éviter les erreurs d'utilisation :

- **Confirmation des actions critiques :**
 - Validation explicite avant toute opération
 - Vérification de la cohérence des volumes demandés
- **Procédures de récupération :**
 - Possibilité d'annulation des opérations
 - Retour à un état sûr en cas d'erreur

Chapitre 1 :

Généralités sur les

pousses seringues

Chapitre1 : Généralité sur les pousSES seringues

1. Chapitre 1 : Généralité sur les pousSES seringues

1-1- Définition de la pousse-seringue électronique

Le pousse-seringue électronique est un dispositif médical automatisé conçu pour administrer avec précision un volume déterminé de médicament ou de solution injectable à un débit constant et contrôlé, à l'aide d'une seringue. Le système utilise un moteur électrique pour faire avancer progressivement le piston de la seringue, permettant ainsi une perfusion continue ou intermittente selon les paramètres programmés.

1-2- Principe de fonctionnement du pousse-seringue électronique

Le pousse-seringue électronique fonctionne selon un principe de déplacement motorisé du piston d'une seringue contenant un médicament ou une solution injectable. L'appareil est doté d'un moteur électrique (généralement un moteur pas-à-pas) qui entraîne un mécanisme de poussée. Ce mécanisme agit directement sur le piston de la seringue, permettant ainsi l'administration du liquide à un débit précis et constant, défini par l'utilisateur via une interface de commande.

L'utilisateur programme des paramètres essentiels tels que :

- Le volume à injecter,
- Le débit (ml/h),
- La durée de perfusion,
- Et éventuellement une dose maximale.

Le microcontrôleur intégré dans le dispositif gère le moteur selon ces paramètres, tout en surveillant le bon déroulement de l'injection.

Ce fonctionnement automatisé assure une administration continue, précise et sécurisée du traitement, adaptée aux besoins thérapeutiques spécifiques de chaque patient

1-3- Types de pompes à seringue

Les pompes à seringue se distinguent par différentes caractéristiques, notamment leur mécanisme d'actionnement, leur architecture et leurs fonctionnalités. Cette diversité reflète l'adaptation de ces dispositifs à des besoins spécifiques.

1-4- Classification par mécanisme d'actionnement

1-4-1. Pompes à vis sans fin

Le mécanisme le plus courant utilise une vis sans fin entraînée par un moteur :

- **Principe** : Une vis sans fin transforme le mouvement rotatif du moteur en mouvement linéaire qui pousse le piston
- **Avantages** :
 - Grande précision grâce au rapport de réduction mécanique
 - Maintien de la position même hors tension (autobloquant)
 - Capacité à générer des forces importantes

Chapitre1 : Généralité sur les pousSES seringues

- **Inconvénients :**
 - Vitesse généralement limitée
 - Usure mécanique progressive
 - Présence de jeu (backlash) pouvant affecter la précision

Dans ces systèmes, la relation entre la rotation du moteur et le déplacement linéaire est donnée par :

$$d = \frac{n * p}{360}$$

Où :

- d : est le déplacement linéaire (en mm)
- n : est l'angle de rotation (en degrés)
- p : est le pas de la vis (en mm)

1-4-2. Pompes à crémaillère

Un mécanisme alternatif utilise un système pignon-crémaillère :

- **Principe :** Un pignon denté entraîné par un moteur translate le mouvement rotatif en mouvement linéaire via une crémaillère
- **Avantage :**
 - Conception plus simple et robuste
 - Capacité à atteindre des vitesses plus élevées
 - Meilleure efficacité mécanique (moins de friction)
- **Inconvénients :**
 - Précision potentiellement inférieure
 - Nécessité d'un système de maintien en position
 - Force maximale limitée par la résistance des dents

1-4-3. Pompes à actionnement hydraulique ou pneumatique

Pour des applications spécifiques, notamment en haute pression :

- **Principe :** Utilisation de la pression d'un fluide (air ou huile) pour actionner le piston
- **Avantage :**
 - Capacité à générer des forces très importantes
 - Isolation électrique (important dans certains contextes)
 - Potentiel pour des débits pulsés précis
- **Inconvénients :**
 - Complexité accrue du système
 - Précision généralement plus faible
 - Nécessité d'une source de pression externe

Chapitre 1 : Généralité sur les pompes seringue

1-5- Classification par architecture :

1-5-1 Pompes à seringue simple

La configuration la plus basique comporte une seule seringue :

- **Principe** : Un mécanisme unique contrôle une seule seringue
- **Avantage** :
 - Simplicité de conception et de contrôle
 - Coût réduit
 - Fiabilité accrue par la réduction du nombre de composants
- **Applications** : Dosages simples, injections ponctuelles

1-5-2 Pompes à double seringue

Le système développé dans ce projet appartient à cette catégorie :

- **Principe** : Deux mécanismes indépendants contrôlent deux seringues séparées
- **Avantage** :
 - Capacité à gérer deux fluides différents simultanément
 - Possibilité de synchroniser ou différencier les débits
 - Redondance en cas de défaillance d'une voie
- **Applications** : Mélange de réactifs, perfusions parallèles, dosages comparatifs

1-5-3 Pompes multi-seringues

Pour des applications plus complexes :

- **Principe** : Plusieurs mécanismes (généralement 4 à 12) contrôlent autant de seringues
- **Avantages** :
 - Capacité à gérer des protocoles complexes impliquant plusieurs réactifs
 - Économie d'espace et de contrôleurs par rapport à des pompes séparées
 - Interface utilisateur unifiée
- **Applications** : Synthèse chimique automatisée, tests parallèles

1-5-4 Pompes à seringue continue

Pour les applications nécessitant un flux ininterrompu :

- **Principe** : Utilisation de plusieurs seringues en alternance pour maintenir un flux continu
- **Avantages** :
 - Élimination des interruptions de flux lors du rechargement
 - Capacité à maintenir une pression constante
 - Adaptation aux applications longue durée
- **Inconvénients** :
 - Complexité accrue du mécanisme et du contrôle
 - Risque de variations de débit lors de la commutation

1-6- Classification par fonctionnalités

1-6-1-Pompes à débit constant

Les modèles les plus simples maintiennent un débit fixe :

- **Principe** : Le moteur tourne à vitesse constante pour générer un débit stable
- **Applications** : Perfusions continues, alimentation de réacteurs, processus industriels stables

1-6-2-Pompes programmables

Pour des applications nécessitant des profils de débit variables :

- **Principe** : Un microcontrôleur permet de programmer des séquences de débits
- **Fonctionnalités typiques** :
 - Rampes d'accélération/décélération
 - Cycles programmables
 - Injections pulsées
 - Profils de débit complexes
- **Applications** : Protocoles de recherche, cycles de traitement, procédés industriels séquentiels

1-6-3-Pompes connectées ou en réseau

L'évolution récente vers les systèmes connectés :

- **Principe** : Intégration de modules de communication (Bluetooth, Wi-Fi, Ethernet)
- **Fonctionnalités** :
 - Contrôle à distance
 - Enregistrement des données
 - Intégration dans des systèmes d'information
 - Alarmes et notifications
- **Applications** : Laboratoires automatisés, télémédecine, industrie 4.0

Cette diversité de types de pompes à seringue illustre l'évolution de ces systèmes pour répondre à des besoins spécifiques. Le projet présenté dans ce mémoire intègre plusieurs de ces caractéristiques : une architecture à double seringue, un mécanisme à vis sans fin entraîné par des moteurs pas à pas, et des fonctionnalités programmables avec connectivité Bluetooth.

1-7- Les différents modes d'administration des PSE

Un pousse seringue peut fonctionner selon un ou plusieurs modes

1-7-1 Le mode perfusion continue

Chapitre 1 : Généralité sur les pousses seringues

C'est le plus simple, le plus basique et le plus utilisé. La très grande majorité des PSE sont destinés à cet usage. Il suffit de régler un débit en millilitres par heure et l'appareille délivre. Les PSE modernes proposent de plus en plus de régler une dose/kg/heure (voir par minute ou par 24H), mais sans effectuer le calcul de posologie. C'est-à-dire que c'est l'opérateur lui-même qui détermine la dose et non

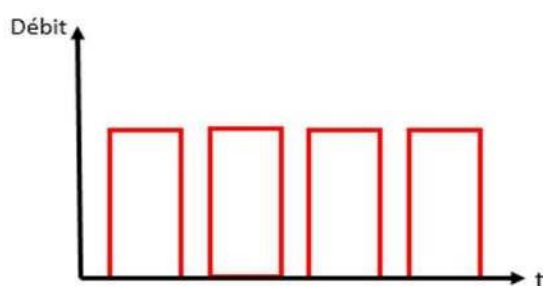


le PSE qui va la calculer selon un protocole

Figure (1,1) :Mode d'administration des PSE (mode continue)

1-7-2 Le mode Intermittent

C'est un mode avec une administration intermittente et une fréquence d'administration régulière ou le volume de dosage est stable. Ce mode est utilisé



dans des applications du traitement à intervalles

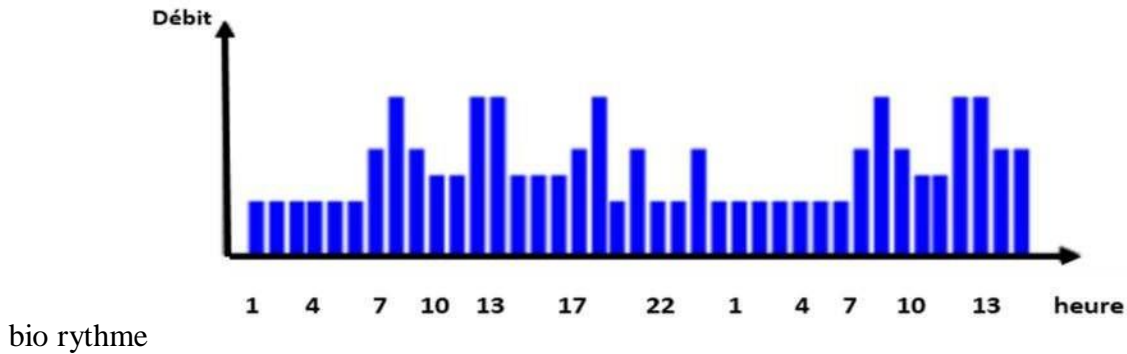
Figure (1,2):Mode d'administration des PSE (le mode intermittent)

1-7-3 Mode circadien ou séquentiel

C'est un mode avec un débit pour chaque cycle et une unité de programmation qui dure généralement 1h. On le trouve dans les applications hormonales

Chapitre 1 : Généralité sur les pousses seringues

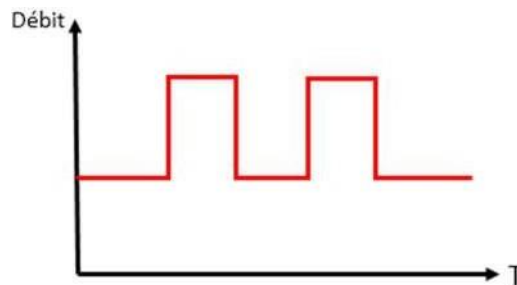
(Hormonothérapie) et la chronothérapie, son intérêt majeur c'est son adaptation au



Figure(1,3): Mode d'administration des PSE (le mode séquentiel)

1-7-4 Mode d'analgésie auto contrôlé

C'est un mode avec un débit continu programmé avec un ajout ou pas d'un débit qu'on appelle BOLUS à la demande du patient. Cette dose sera administrée chaque fois que le patient effectue une demande acceptée par la pompe, On utilise ce mode



lors d'analgésie contrôlée par le patient.

Figure (1,4) :Mode d'administration des PSE (mode d'analgésie auto contrôlée)

1-8- Conclusion

Le pousse seringues est un élément essentiel dans le domaine médical ainsi que dans le domaine industriel. Dans ce chapitre, nous avons vu les différents types de pousse seringues et comment ils fonctionnent, avec une explication simplifiée.

CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

2-1- Introduction :

Le fonctionnement du pousse seringue est basé sur une partie électronique qui représente le cerveau du pousse seringue, c'est elle qui permet la gestion de l'ensemble des commandes et des instructions appliquées au système, Cette partie électronique est basée principalement sur un microcontrôleur implanté dans une carte (Type ARDUINO) pour son bon fonctionnement et qui facilite sa connexion avec l'environnement extérieure. La partie mécanique du pousse seringue est commandé par le microcontrôleur, avec une programmation appropriée, la partie mécanique qui est composée principalement du moteur et d'autre module pour le déplacement de la seringue peut réagir de la façon désirée si le choix du moteur est bon. Les moteurs pas à pas rassemblent plusieurs avantages par rapport aux autres types de moteurs à courant continue car on peut le faire tourner à des vitesses variables et la position parcourue sera aussi facile à déterminer. En plus il est plus précis.

2-2- Schéma globale du système

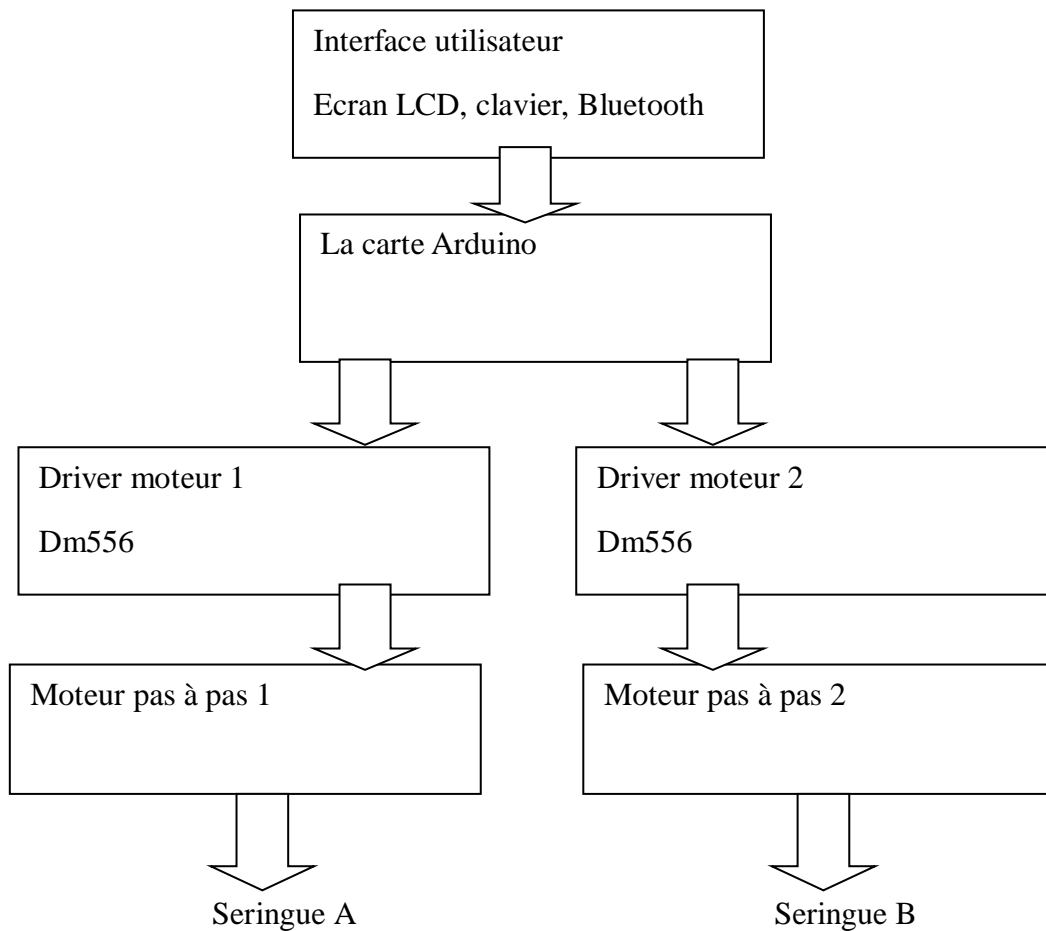


Figure (2.1) Schéma globale du système

CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

2-3- Schéma électrique du système

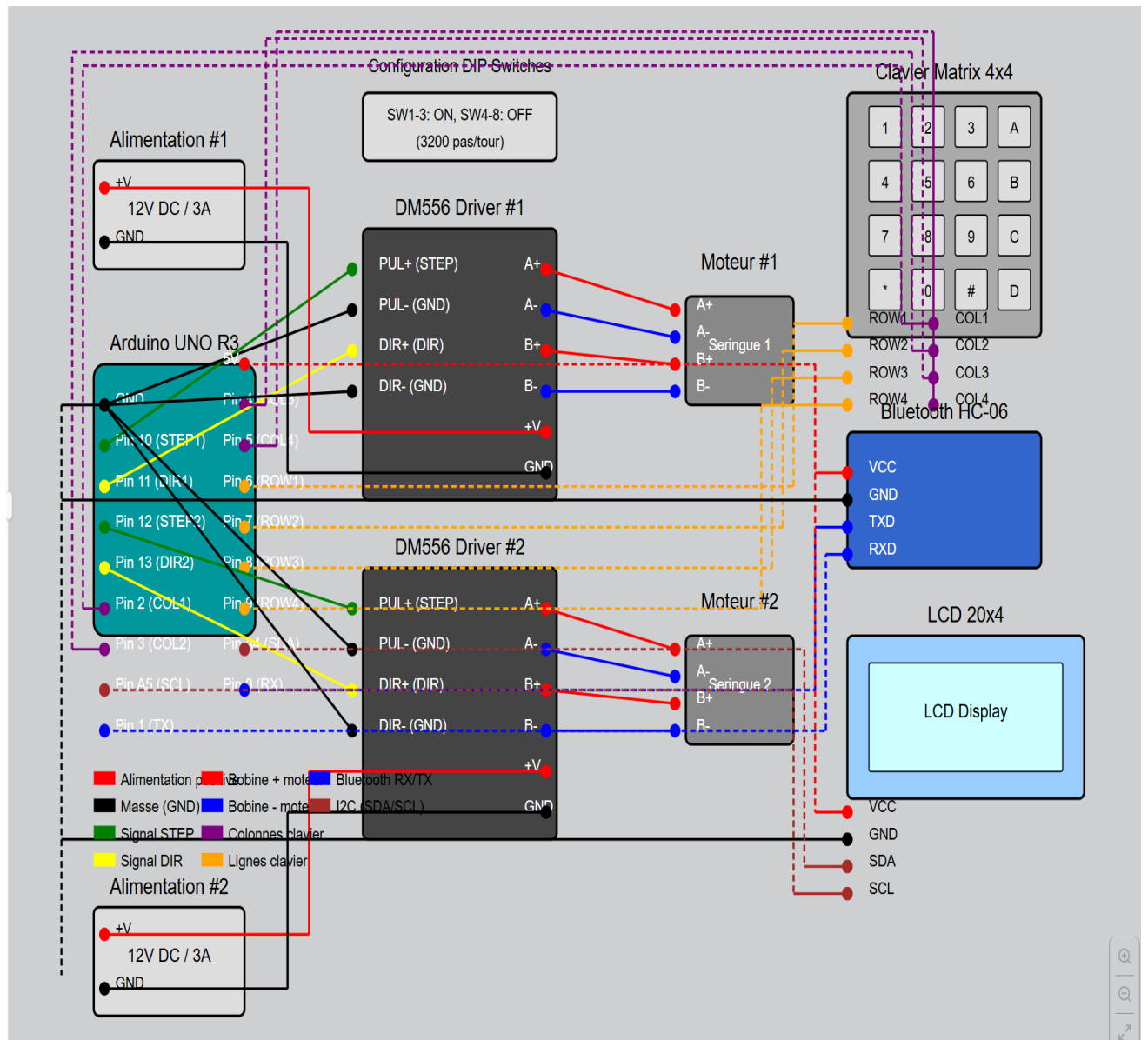


Figure (2.2) Schéma électrique du système

2-4- Architecture globale du système

L'architecture de notre pompe à seringue automatisée a été conçue pour intégrer harmonieusement les différents sous-systèmes en respectant les exigences du cahier des charges. Cette section présente la structure générale du système, les interactions entre ses composants, et les principes qui ont guidé sa conception.

2-5- Vue d'ensemble du système

Organisation fonctionnelle

Le système peut être décomposé en quatre sous-ensembles fonctionnels principaux :

Sous-système de contrôle : Unité centrale de traitement et logique de commande

- **Sous-système de puissance** : Alimentation et pilotage des actionneurs
- **Sous-système mécanique** : Conversion du mouvement rotatif en mouvement linéaire et support des seringues
- **Interface utilisateur** : Moyens d'interaction locale et à distance avec la technologie de communication sans fil

2-6- La partie électronique et mécanique du pousse seringue

2-7- Partie électronique

2-7-1-La carte Arduino :

Arduino est un circuit imprimé sur lequel se trouve un microprocesseur (calculateur) qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la charge de batteries, la domotique (le contrôle des appareils domestique (éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, etc. C'est une plateforme basée sur une interface entrée/sortie simple et sur un environnement de développement utilisant la technique du Processing/Wiring. Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (ex : Macro media Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Les versions vendues actuellement sont pré-assemblées, des informations sont fournies pour ceux qui souhaitent assembler l'Arduino eux-mêmes.



Figure (2,3) (La carte Arduino)

2-7-2- Caractéristiques de La carte Arduino Uno :

La carte Arduino Uno est un microcontrôleur simple et économique, basé sur le microprocesseur ATmega328P, qui offre 14 entrées/sorties numériques, 6 entrées analogiques, une tension de fonctionnement de 5V et une tension d'alimentation recommandée de 7-12V. Elle possède également 32 Ko de mémoire Flash, 2 Ko de mémoire SRAM et 1 Ko de mémoire EEPROM.

2-8- Claviermatriciel

Pour assurer l'accès aux différentes fonctionnalités du système, il faut utiliser le clavier matriciel 4*4 afin de faciliter le choix du programme que l'on souhaite utiliser

Principe du clavier matriciel

Un clavier matriciel (dans notre cas 16 touches) dispose uniquement de 8 broches pour la gestion de ses touches. L'organisation est de 4 colonnes et 4 lignes. Les lignes ont un état de repos imposé (ici l'état bas).

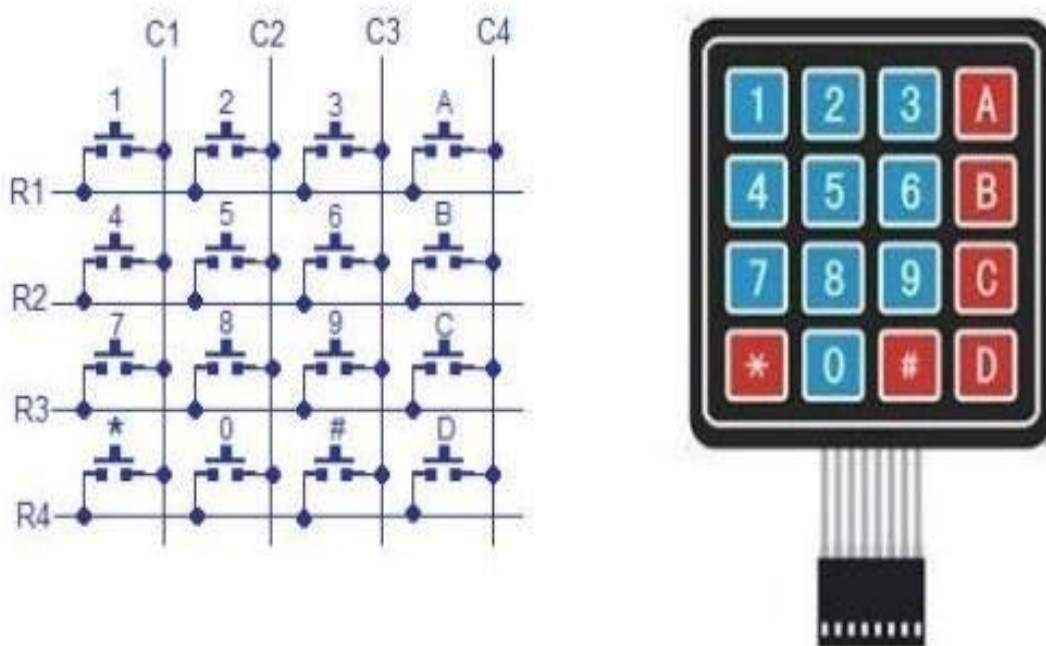


Figure (2.4) :Clavier matriciel (4*4) et son schéma de principe

2-8-1- Détection des touches

Il faut balayer les colonnes une à une par un état haut. Ainsi dès lors qu'une touche est pressée, l'état de la colonne est transmis sur la ligne. Nous pouvons ainsi détecter un état haut. Pour déterminer la touche pressée, il faut se synchroniser avec le signal envoyé sur les colonnes.

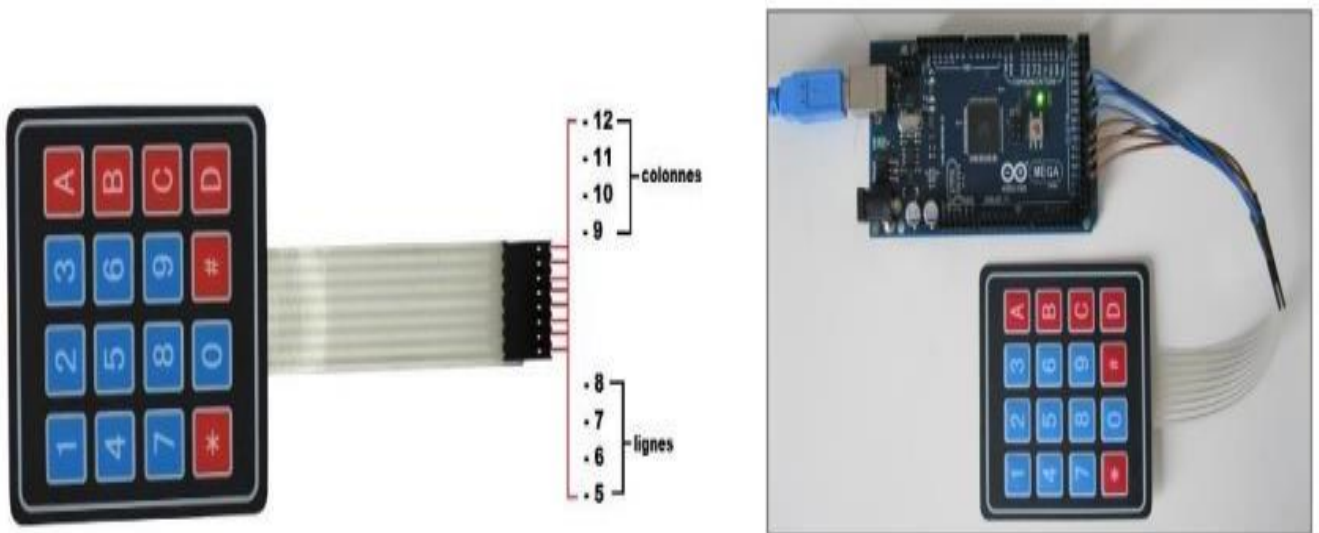


Figure (2.5): Bronchement du clavier avec l'Arduino Méga2560

2-9- Module Afficheur LCD

Les afficheurs LCD alphanumériques présentent une solution facile d'emploi et bon marché de doter votre projet d'une interface indépendante de votre PC.

Vu de l'extérieur, les écrans LCD alphanumériques sont essentiellement caractérisés par leur taille. Deux modèles se rencontrent très fréquemment et sont les meilleurs marchés, celui ayant 2 lignes et 16 colonnes d'affichage et celui ayant 4 lignes et 20 colonnes d'affichage.

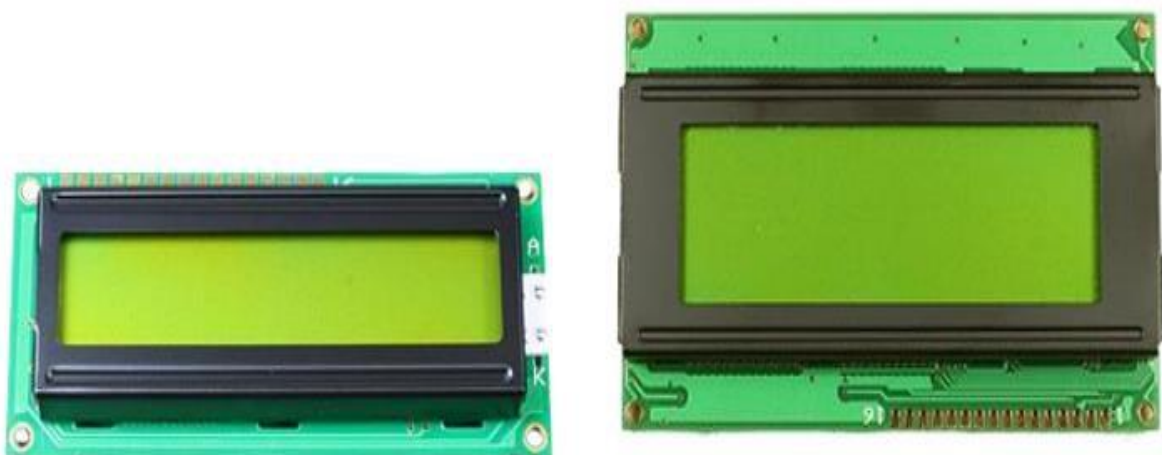


Figure (2.6): Afficheurs LCD (16x2) et (20x4)

2-9-1 Le connecteur de l'afficheur LCD

Ces deux écrans ont exactement la même connectique, c'est à dire un connecteur 16 broches. Ce connecteur véhicule plusieurs signaux dont une partie forme un bus de communication parallèle 4 ou 8 bits selon la configuration choisie ainsi que les signaux permettant de contrôler la communication entre l'Arduino et l'écran.

La figure ci-dessous donne la nomenclature des broches de ce connecteur :

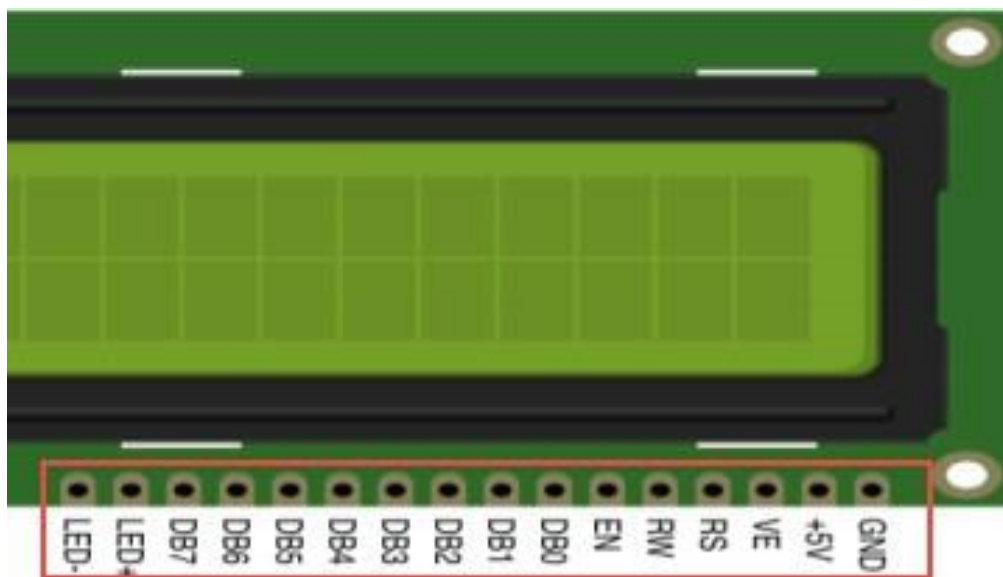


Figure (2.7) : Connecteur de l'afficheur LCD

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

Ces broches ont le rôle suivant :

Numéro de la broche	Désignation	Description
1	GND	Masse 0V
2	VCC	Alimentation+5V
3	VE	Tension de réglage du contraste
4	RS	Sélection du registre donnée ou commande
5	RW	Lecture ou écriture
6	EN	Activation pour un transfert (enable)
7	DB0	Bit 0 de la donnée/commande
8	DB1	Bit 1 de la donnée/commande
9	DB2	Bit 2 de la donnée/commande
10	DB3	Bit 3 de la donnée/commande
11	DB4	Bit 4 de la donnée/commande
12	DB5	Bit 5 de la donnée/commande
13	DB6	Bit 6 de la donnée/commande
14	DB7	Bit 7 de la donnée/commande
15	LED+	Anode (+) du rétro-éclairage
16	LED-	Anode (--) du rétro-éclairage

Tableau (2.1) : Nomenclature du connecteur de l'afficheur LCD

2-9-2 La communication avec le LCD

L'afficheur LCD peut fonctionner en mode 4 bits ou en mode 8 bits. En mode 8 bits, les octets sont transférés sur les lignes DB0 à DB7. En mode 4 bits les octets sont transférés en deux fois sur les lignes DB4 à DB7.

Le LCD dispose de 3 registres internes, le registre de données permettant entre autres l'envoi des codes des caractères à afficher, le registre de commande permettant d'envoyer des commandes d'effacement de l'écran, de positionnement du curseur, etc., et le registre d'état qui permet de consulter notamment la disponibilité du LCD pour recevoir des commandes ou des données.

CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

La sélection de l'un ou l'autre de ces registres est effectuée via les états, LOW ou HIGH, des lignes RS et RW. Une fois l'état de ces deux lignes établies, EN est placé à HIGH, la donnée ou la commande est placée sur les lignes DBx puis EN est placé à LOW.

Piloter directement un LCD est donc un processus relativement compliqué. Évidemment, comme c'est très souvent le cas avec l'Arduino comme dans notre situation, il existe des bibliothèques pour ça, ce qui permet de les utiliser aisément sans avoir à plonger dans la datasheet.

2-9-3 Le réglage du contraste

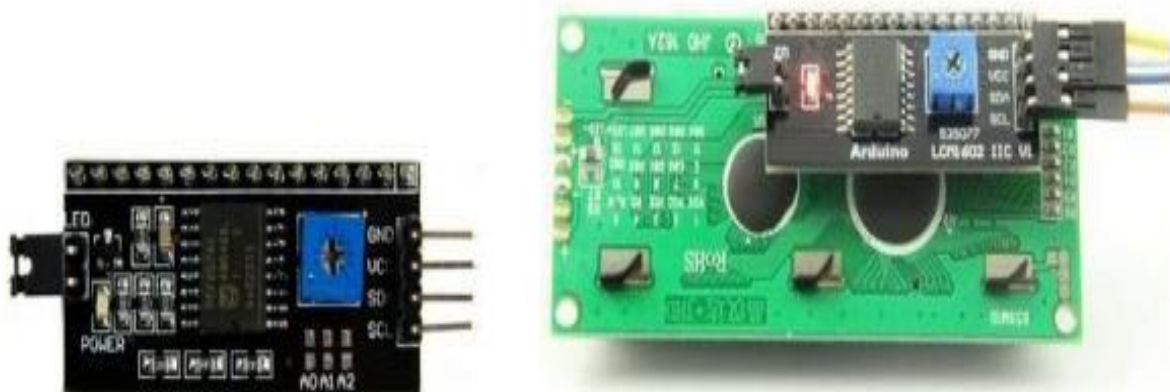
La broche VE permet de régler le contraste. Il est nécessaire d'y connecter un potentiomètre de réglage, un 10k Ω par exemple, dont les broches externes sont connectées à l'alimentation (+5V) et à la masse (GND) et la broche centrale à VE.

Il suffit ensuite de tourner ce potentiomètre dans tous les sens avec patience jusqu'à ce que le contraste soit correctement réglé.

2-9-4 Le pilotage via le bus I2C

Il existe également de petits modules permettant d'interfacer un écran LCD avec un bus I2C. Cette solution peut être intéressante si on manque des broches sur la carte Arduino comme dans notre projet puisqu'au lieu de monopoliser 6 à 7 broches, l'écran n'en utilisera plus que 2.

Toutefois, le module que l'on rencontre le plus souvent est construit autour du PCF8574P de NXP, un circuit permettant d'augmenter le nombre d'entrées sorties numériques via l'I2C.



CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

Figure (2.8) : Montage du Module I2C avec l'afficheur LCD

2-9-5AfficheurLCD20x4

Dans notre projet, nous avons choisi cet afficheur LCD pour animer l'accès au système.

Ce dernier dispose des caractéristiques techniques suivantes :

- **Affichage** : 20 colonnes, 4 lignes
- **Tension** : 5V uniquement nécessaires
- **Courant** : 135 mA Avec rétro-éclairage allumé
- **Modes** : I2 Cou 9 600 baud de communication série
- **Caractères personnalisés** : Jusqu' à 8 caractères personnalisés faciles à définir.

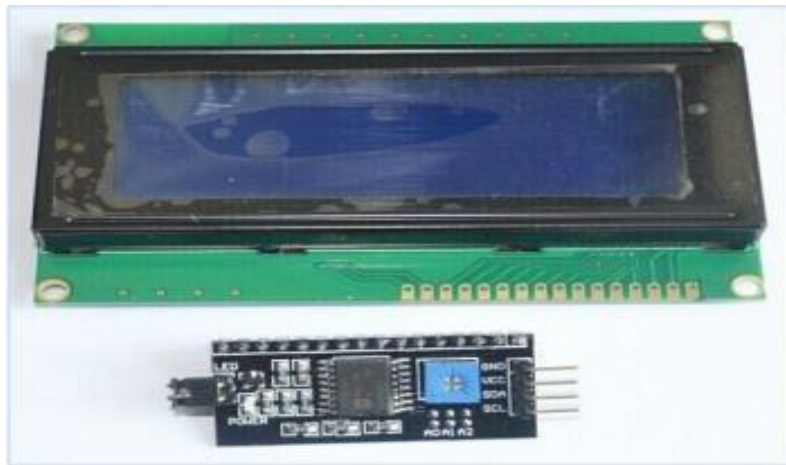


Figure (2.9) : Afficheur LCD 20x4 + Module I2C

2-10- Définition du Bluetooth

Le Bluetooth est une technologie de communication sans fil à courte portée qui permet aux appareils électroniques de communiquer entre eux.

Le Bluetooth utilise des ondes radio pour transmettre des données sur une distance allant jusqu'à environ 10 mètres. Il est souvent utilisé pour connecter des téléphones portables, des ordinateurs portables, des tablettes, des écouteurs, des enceintes, des claviers et d'autres appareils électroniques entre eux. Actuellement, les dernières versions du Bluetooth peuvent atteindre jusqu'à 100 mètres

Bluetooth est un protocole standardisé, ce qui signifie que les appareils qui prennent en charge la technologie Bluetooth sont capables de communiquer entre eux, même s'ils ont été fabriqués par des entreprises différentes. Le Bluetooth est généralement facile à configurer et à utiliser.

Pour finir, le débit de données dépend vraiment de la version du Bluetooth utilisé : pour les anciennes versions le débit de données peut aller jusqu'à 3 Mbps, pour les nouvelles versions, par exemple 5.0, le débit de données peut atteindre jusqu'à 50 Mbps.

2-10-1- Le fonctionnement du Bluetooth

Le Bluetooth fonctionne en établissant un réseau personnel sans fil, appelé pico-net, composé d'un appareil maître et jusqu'à sept appareils esclaves. L'appareil maître initie la communication et contrôle le trafic de données, tandis que les appareils esclaves répondent aux demandes du maître. Cette architecture permet des échanges de données bidirectionnels efficaces entre les appareils connectés.

Le Bluetooth opère en utilisant des ondes radio de courte portée dans la bande de fréquence des 2,4 GHz. Il emploie une technique appelée "saut de fréquence" pour minimiser les interférences et assurer une communication stable. Les appareils compatibles Bluetooth peuvent établir une connexion après un processus d'appariement, garantissant une liaison sécurisée pour le transfert de données.

2-10-2- Les avantages et inconvénients du Bluetooth

Ci-dessous les principaux avantages et inconvénients de la norme de télécommunication Bluetooth :

Les avantages

- Facilité d'utilisation : Le Bluetooth est facile à configurer et à utiliser. Il suffit de mettre en marche les appareils compatibles Bluetooth et ils se connecteront automatiquement.
- Faible consommation d'énergie : Les versions plus récentes du Bluetooth ont été conçues pour consommer moins d'énergie, ce qui permet une utilisation prolongée des batteries des appareils.
- Connexions multiples : Le Bluetooth permet de connecter plusieurs appareils à la fois, ce qui permet de transférer des données simultanément.
- Sécurité : Le Bluetooth utilise des techniques de chiffrement pour sécuriser les transmissions de données.
- Portée courte : La portée de transmission limitée du Bluetooth peut être un avantage en termes de sécurité car les signaux ne peuvent être captés que dans une zone restreinte.

Les inconvénients

- Portée limitée : La portée de transmission limitée peut être un inconvénient lorsque l'on souhaite connecter des appareils qui sont éloignés les uns des autres.
- Interférences : Le Bluetooth peut être sujet aux interférences, ce qui peut entraîner une baisse des performances de transmission des données.
- Performance limitée : La performance de transmission de données du Bluetooth est limitée par rapport à d'autres technologies sans fil comme le Wi-Fi.
- Compatibilité limitée : Les appareils plus anciens peuvent ne pas être compatibles avec les versions plus récentes du Bluetooth, ce qui peut limiter la connectivité entre les appareils.
- Confidentialité limitée : Le Bluetooth peut être vulnérable à certaines attaques de piratage qui peuvent compromettre la confidentialité des données transférées.

2-10-3-Les usages du Bluetooth

Le Bluetooth est utilisé dans une multitude d'applications, notamment :

- Appareils audios : Connexion sans fil des écouteurs, casques et enceintes aux sources audios.
- Périphériques informatiques : Claviers, souris et imprimantes sans fil.
- Domotique : Contrôle des dispositifs intelligents tels que les ampoules, thermostats et systèmes de sécurité.
- Santé connectée : Suivi des données biométriques via des capteurs et des wearables.
- Automobile : Systèmes mains libres, streaming audio et diagnostics embarqués, etc.

2-10-4-Les versions et évolutions du Bluetooth

- **Les différentes versions du Bluetooth**

Bluetooth 1.x	La première version du Bluetooth a été lancée en 1999 et offrait une portée de transmission d'environ 10 mètres.
Bluetooth 2.0	Cette version a été lancée en 2004 et a permis des taux de transfert de données plus élevés, atteignant 3 Mbps.
Bluetooth 3.0	Cette version a été lancée en 2009 et a introduit la technologie de transfert de données haute vitesse (HS) qui permet des taux de transfert de données allant jusqu'à 24 Mbps.
Bluetooth 4.0	Cette version a été lancée en 2010 et a introduit la technologie Bluetooth à faible énergie (BLE - Bluetooth Low Energy) qui permet des connexions plus longues et plus stables entre les appareils, tout en consommant moins d'énergie.
Bluetooth 4.1	Cette version est lancée en 2013 : amélioration de la vitesse, de la fiabilité et la sécurité de connexion Bluetooth. Possibilité de connecter plusieurs appareils simultanément.
Bluetooth 4.2	Version lancée en 2014 : possibilité de se connecter à internet avec le Bluetooth, une meilleure gestion des connexions IoT et augmentation de la vitesse de transfert de données.
Bluetooth 5.0	Cette version a été lancée en 2016 et a doublé la portée de transmission, passant de 50 mètres à environ 100 mètres, tout en offrant des vitesses de transfert de données plus rapides.

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

Bluetooth 5.1	Cette version a été lancée en 2019 et a ajouté la fonctionnalité de direction de signal qui permet aux appareils de déterminer plus précisément l'emplacement de l'autre appareil.
Bluetooth 5.2	Cette version a été lancée en 2020 et a amélioré la qualité audio pour les appareils audio sans fil et a ajouté de nouvelles fonctionnalités pour les applications IoT (Internet of Things).
Bluetooth 5.3	Version lancée en 2021 : amélioration de l'efficacité énergétique avec l'ajout du PAwST (Periodic Advertising with Sync Transfer).
Bluetooth 5.4	Cette version a été lancée en 2023 : Consolidation de la connectivité avec l'IoT et améliorations du protocole pour une utilisation simplifiée.
Bluetooth 6.0	Nouvelle version annoncée en Septembre 2024 et en cours de déploiement. Ajout de la fonction Channel Sounding (localisation précise des objets et sécurité des clés numériques). Réduction de la latence (audio et vidéo plus fluide, streaming en temps réel). Les premiers appareils compatibles avec le Bluetooth 6.0 sont attendus sur le marché courant 2025.

Tableau (2.2) Les versions et évolutions du Bluetooth

E CONTROLEUR DU MOTEUR PAS A PAS DM556

Le DM556 est un lecteur pas à pas numérique avec une conception simple et une configuration facile. En implémentant une technologie de contrôle pas à pas avancée, cet entraînement pas à pas est capable d'alimenter les moteurs pas à pas 2 phases et 4 phases en douceur avec un couple optimal et un faible chauffage et bruit du moteur.

Sa tension de fonctionnement est 20-50VDC et il peut produire jusqu'à 5.6A courant. La configuration du courant électrique de microstep et de sortie se fait via des commutateurs DIP.

Par conséquent, les DM556T sont des choix idéaux pour les applications nécessitant un contrôle simple de pas et de direction des moteurs pas à pas NEMA 23, 24 et 34.



Figure(2.10)CONTROLEUR DU MOTEUR PAS A PAS DM556

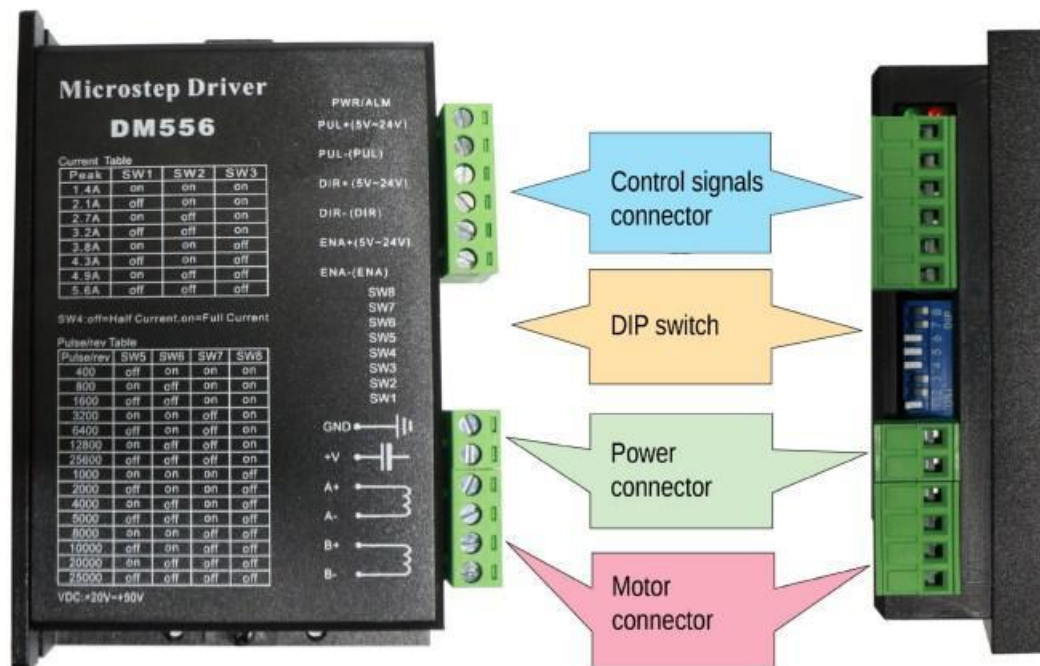


Figure (2,11) Vue de côté contrôleur du moteur pas à pas

2-11-1 Caractéristiques et spécifications

.-Antirésonance pour un couple optimal, un mouvement extra lisse, un faible chauffage du moteur et du bruit.-Autoidentification du moteur et configuration automatique des paramètres pour un couple optimal des moteurs large gamme.-Commande pas à pas (PUL/DIR).-Multi-déclenchement pour un mouvement moteur en douceur.-Entrées TTL compatibles et isolées optiquement.-Tension d'entrée 20-50VDC.-16 résolutions de micro-pas sélectionnables de 400-25,600 via les commutateurs DIP 8 .-paramètres de courant de sortie sélectionnables de 1.8 à 5.6A via les commutateurs DIP .-Démarrage progressif sans « saut » lorsqu'il est allumé, fréquence d'entrée des impulsions jusqu'à 200 Hz.-Réduction automatique du courant de ralenti

- -Protections pour surtension et surintensité

2-11-2 Connecteur des signaux de commande

- Entrées de signal STEP & DIRECTION Activer l'entrée du signal Toutes les entrées sont isolées optiquement et compatibles TTL

CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

Fonction de broche	Description détaillée
PUL+	<p>Signal d'impulsion (STEP) : entrées d'impulsion actives au bord ascendant ; 4-5V quand PUL-HIGH, 0-0.5V quand PUL-LOW. Largeur d'impulsion minimale de 2.5µs. Ajouter une résistance pour limiter le courant à +12V ou +24V entrée</p> <p>Tension logique (1K pour +12 V, 2k pour +24 V ; Il en va de même pour les signaux DIR et ENA).</p>
PUL-	
DIR+	<p>Signal DIR (DIRECTION) : Ce signal a des niveaux de basse/ haute tension pour représenter deux directions de Rotation du moteur. Temps minimal de configuration de la direction de 5 µs. Également permutation de la connexion de deux fils</p> <p>D'une bobine (p. ex., A+ et A-) à l'entraînement inversera la direction du moteur.</p>
DIR-	
ENA+	<p>Activer le signal : Ce signal est utilisé pour activer/désactiver le lecteur. Haut niveau +5V pour activer</p> <p>Le lecteur et le bas niveau pour désactiver le lecteur. Par défaut, il est laissé UNCONNECTED (ENABLED).</p>
ENA-	

Tableau (2.3) déférent signaux de dm556

DIP switch

Le lecteur utilise un commutateur DIP 8 bits pour régler la résolution des micro-

pas et le courant de fonctionnement du moteur

Le courant électrique de fonctionnement est réglé par SW 1, 2,

3 des commutateurs DIP

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

2-11-3 Configurations de courant au ralenti du moteur :

SW4 est utilisé pour régler le pourcentage de courant au ralenti du moteur. En position OFF, cela signifie que le courant d'arrêt est réglé à 50 % du courant de sortie sélectionné.

En position ON, cela signifie que le courant d'arrêt est réglé pour être identique au courant dynamique sélectionné

Le courant est automatiquement réduit à 50 % du courant dynamique sélectionné 0,4 seconde après la dernière impulsion

2-11-4 Fonctions de protection

Il y a deux voyants LED sur le conducteur.

- Le VERT est l'indicateur de puissance qui sera toujours allumé en général.

Le ROUGE est un indicateur de protection qui clignote 1 à 2 fois en 3 secondes, lorsque la protection est activée.

Un nombre différent de clignotements indique un type de protection différent.

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME


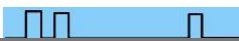

Priorité	Durée(s) du clignotement	Séquence de LED rouge	Description
1 ^{er}	1		Protection contre les surintensités activée n le courant de crête dépasse la limite
2 ^e	2	 	Protection contre les surtensions activée n tension de fonctionnement du lecteur est supérieure à 60VDC
3 ^e	3		Réservé

Tableau (2.4) : signaux de protection

2-12- Connecteur d'alimentation et de moteur

2-12-1- Connecteur d'alimentation :

Le pilote est conçu pour fonctionner à une tension d'entrée de +20 – +50 VCC. Lors de la sélection d'une alimentation, outre la tension provenant de la fluctuation de la tension de la ligne d'alimentation et la tension CEM générée pendant la décélération du moteur, doit également être prise en compte. Idéalement, il est suggéré d'utiliser une alimentation avec une plage de sortie de +24 à +48 VDC, laissant la place pour les fluctuations de tension de ligne électrique et le retour EMF.

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

Une tension d'alimentation plus élevée peut augmenter le couple du moteur à des vitesses plus élevées, ce qui est utile pour éviter de perdre des étapes. Cependant, une tension plus élevée peut provoquer des vibrations du moteur plus importantes à une vitesse inférieure, et elle peut également causer une protection contre les surtensions ou même des dommages au lecteur.

Par conséquent, il est suggéré de ne choisir qu'une tension d'alimentation suffisamment élevée pour les applications prévues.

2-12-2- Connecteur du moteur :

Le conducteur peut entraîner des moteurs pas à pas hybrides bipolaires 2 phases et 4 phases avec 4, 6 ou 8 fils.

Fonction de broche	Description détaillée
GND	Connexion à la terre de l'alimentation électrique
+V	Connexion positive de l'alimentation.
A+, A-	Connexions de la phase A du moteur. Raccorder le fil A+ du moteur à la broche A+; moteur A- fil à A-
B+, B-	Connexions de phase B du moteur. Raccorder le fil B+ du moteur à la broche B+; moteur B- fil à B-

Tableau (2.5) :Connecteur du moteur

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

2-12-3- Schémas de raccordement

Raccordement du contrôleur, du conducteur, du moteur pas à pas et de l'alimentation :

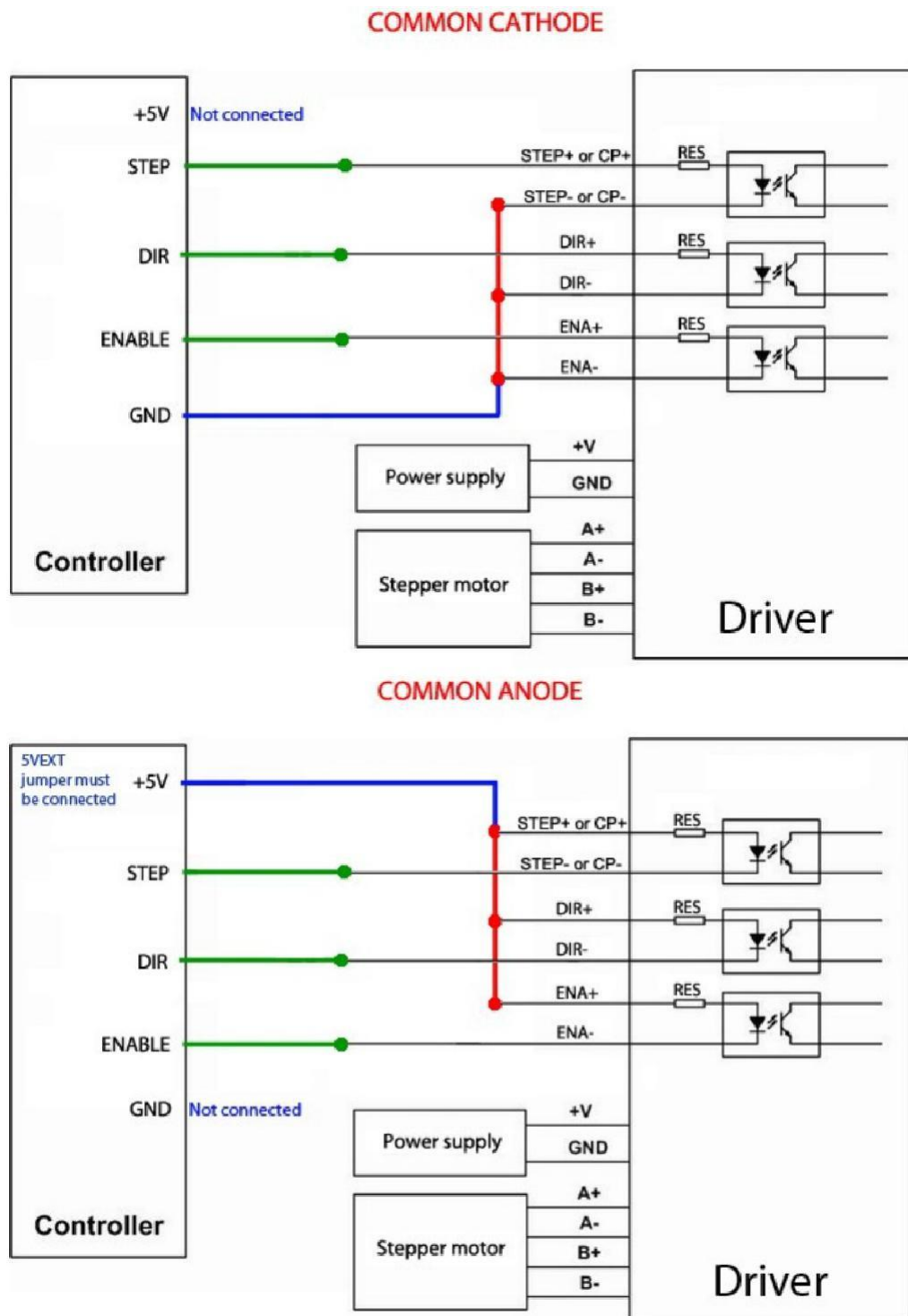


Figure (2,12) Raccordement du contrôleur

Connexions du moteur pas à pas et du conducteur pas à pas :

2-13-1- Connexions du moteur à 4 fils

Raccordements du moteur à 4 fils

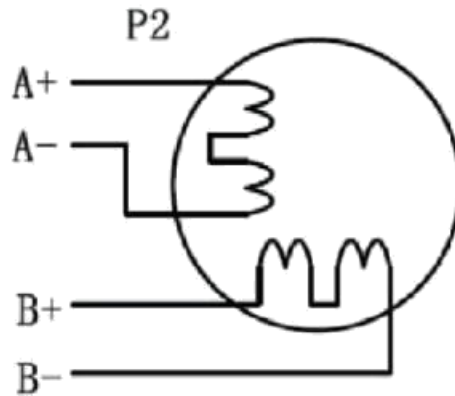


Figure (2,13) Raccordements du moteur à 4 fils

2-13-2- Connexions du moteur à 6 fils

Raccordements de la demi-bobine 1 (haute vitesse) du moteur à 6 fils :

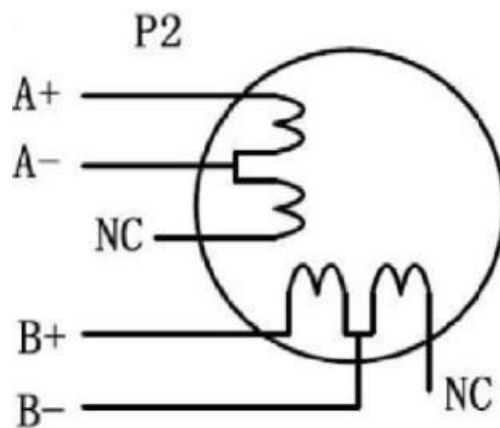


Figure (2,14) Raccordements de la demi-bobine

cordements de la bobine complète (couple plus élevé) du moteur à 6 dérivation :

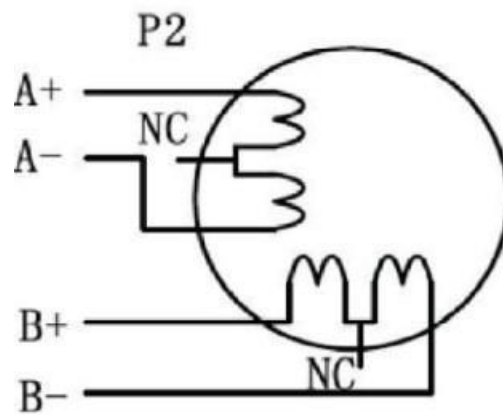


Figure (2,15) Raccordements de la bobine complète

2-13-3- Carte d'adaptateur du conducteur du moteur

Le pilote de moteur DM566 comprend également une carte d'adaptateur pour faciliter la connexion de la sortie de l'axe du contrôleur de mouvement avec le connecteur de signal de contrôle du pilote pas à pas. 10Pin câble ruban est également inclus

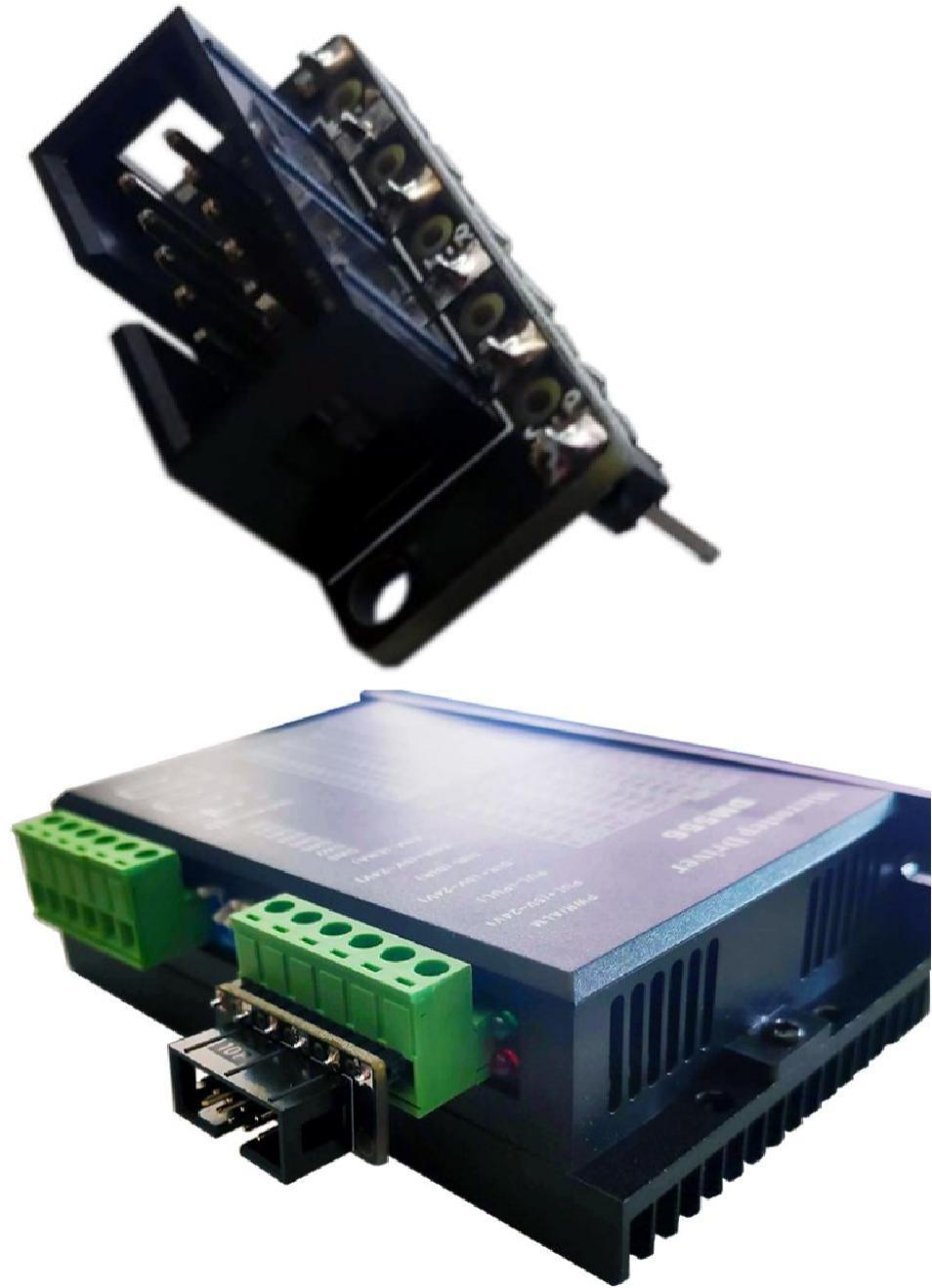


Figure (2,16) adaptateur du conducteur du moteur

2-7- Partie mécanique

2-8- Le moteur pas à pas

2-8-1-Différents types de moteurs pas a pas

Il existe trois principaux types de moteurs pas à pas :

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

Les moteurs à réluctance variable

Les moteurs à aimant permanent

Les moteurs hybrides.

Les moteurs hybrides combinent les avantages des deux autres types, offrant un meilleur compromis entre angle de pas, couple et maintien.

-Voici une description plus détaillée de type de moteur de notre projet :

2-8-2-Le moteur pas à pas NEMA 17 :

Est un moteur pas à pas couramment utilisé, qui fait référence à un type de moteur dont les dimensions externes sont de 42 mm x 42 mm x39mm. Il a une précision de positionnement élevée, d'excellentes performances de contrôle et des caractéristiques de fonctionnement stables et fiables, il est donc largement utilisé dans les systèmes de contrôle de mouvement de divers équipements mécaniques.

La caractéristique du moteur pas à pas NEMA 17 est qu'elle a 4 phases, la différence de phase de chaque phase est de 90 degrés, et une étape est l'excitation d'une phase. Chaque moteur pas à pas peut produire un mouvement de pas précis, ce qui le rend très adapté aux applications qui nécessitent un contrôle précis du mouvement. Dans le contrôle de l'équipement mécanique, les moteurs pas à pas NEMA 17 peuvent contrôler avec précision la vitesse et la direction du mouvement du moteur en contrôlant le courant.



Figure (2,17) (MOTEUR PAS A PAS NEMA 17)

2-8-3- Paramètre du moteur pas à pas NEMA 17

2-8-4- Angle de pas

Les moteurs pas à pas NEMA 17 comprennent généralement deux angles de 1,8 degrés et 0,9 degrés. Le moteur avec un angle de pas de 1,8 degrés nécessite 200 signaux d'étape par révolution, tandis que le moteur avec un angle de pas de 0,9 degrés nécessite 400 signaux d'étape par révolution. Des signaux de 400 étapes sont nécessaires.

2-8-5- Tension et courant nominal

La tension nominale et le courant d'un moteur pas à pas NEMA 17 sont généralement déterminés par son environnement de travail et ses exigences de charge. Généralement, sa tension nominale est de 12 V, 24 V ou 48 V, et son courant nominal varie de 1A à 5A.

2-8-6- Couple nominal

Le couple nominal du moteur pas à pas bipolaire Nema 17 avec angle de pas 1.8deg et taille 42x42x39mm. Il a 4 fils, chaque phase consomme 1.50A de courant, avec un couple de maintien de **0.44 Nm**

Nema	17
Couple	0.44 Nm
Nombre de phases	2
Diamètre de l'arbre	5 mm
Courant par phase	1.68 A

Tableau (2.6) caractéristique Nema 17

2-8-7- Plage de températures

La plage de température de fonctionnement de moteurs pas à pas est généralement de $-20\text{ ° C} \sim + 50\text{ ° C}$, mais il existe également des modèles à haute température ou à basse température, qui doivent être sélectionnés en fonction de l'environnement d'utilisation spécifique. Bien sûr, si votre système dispose d'un système de refroidissement, vous pouvez dire le contraire. La situation spécifique est la vôtre que vous pouvez également nous contacter, nous fournissons également des services de personnalisation des produits.

2-8-8- Méthode d'entraînement

Les moteurs pas à pas adoptent généralement un mode d'entraînement en deux phases ou en quatre phases, dans lequel le moteur avec le mode d'entraînement en deux phases n'a besoin que de deux lignes de signal pour le contrôle, tandis que le moteur avec le mode d'entraînement en quatre phases nécessite quatre lignes de signal pour le contrôle.

Les moteurs pas à pas NEMA 17 sont un type de moteur électrique qui sont largement utilisés dans diverses applications de contrôle de mouvement, telles que les imprimantes 3D, les machines CNC, la robotique et les systèmes d'automatisation. Ils sont conçus pour fournir une précision et une précision de haute, ainsi que pour maintenir le couple à basse vitesse, ce qui en fait un choix idéal pour les applications qui nécessitent des mouvements précis et reproductibles.

2-8-9- Moteur pas à pas - fonctionnement en pas complet :

Le principe de fonctionnement du **moteur pas à pas** en pas complet est illustré sur la figure(2,4). Dans ce mode, le moteur tourne d'un angle résultant de sa construction qui peut être, par exemple, de $1,8^\circ$. Comme nous pouvons facilement calculer, dans un tel cas il faut faire 200 pas pour effectuer un tour complet ($200 \times 1,8^\circ = 360^\circ$).

La course de l'arbre est effectuée après la mise sous tension d'une ou de deux bobines. Le fonctionnement avec l'alimentation d'une seule bobine il est nécessaire d'appliquer une puissance minimale du driver. En fonctionnement biphasé, avec l'alimentation de bobines opposées, il faut deux fois plus de puissance, mais la vitesse et le couple augmentent également.

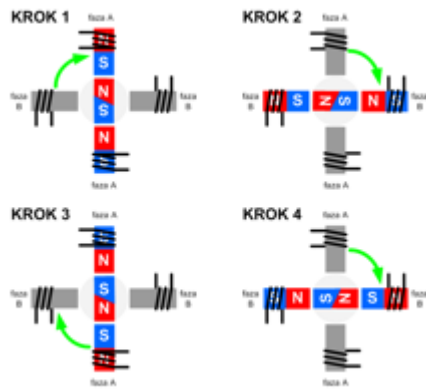


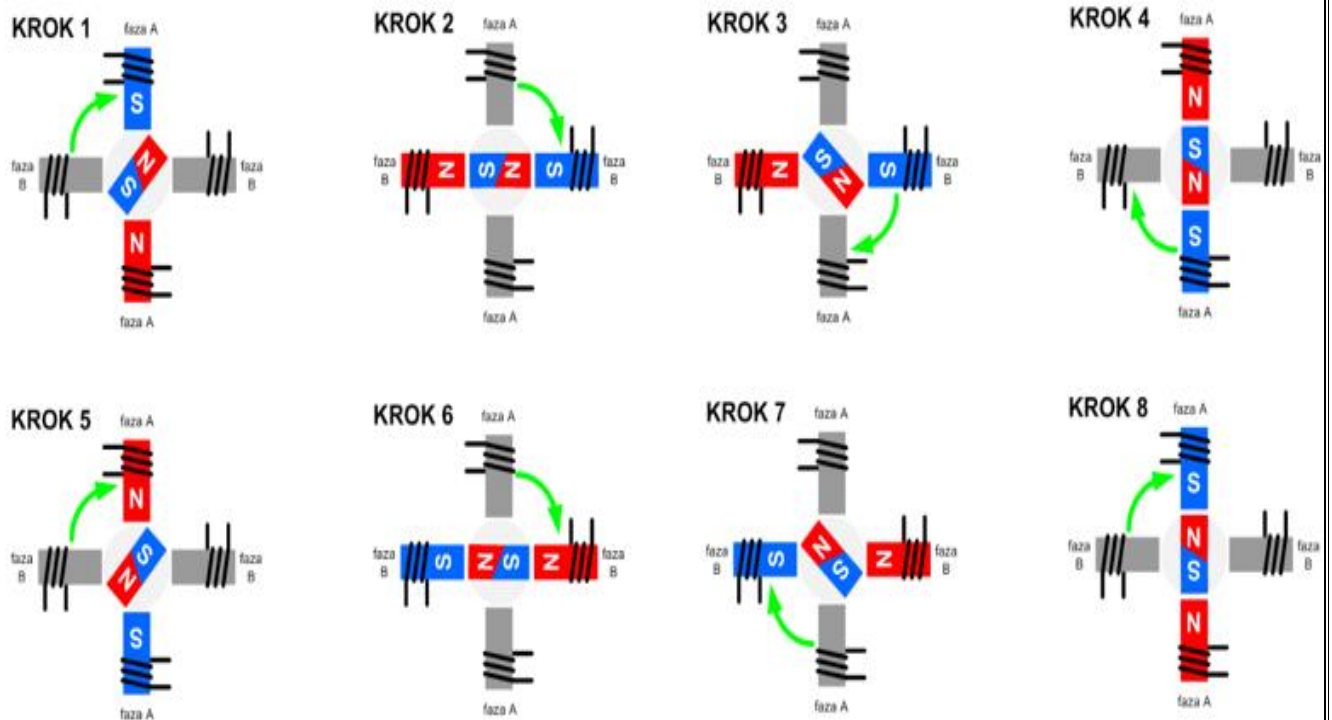
Figure (2,18) Principe de fonctionnement du moteur pas à pas en pas complet avec alimentation biphasée

2-8-10-Moteur pas à pas - fonctionnement en mode demi-pas

Le principe du fonctionnement du moteur en mode demi-pas est présenté sur la figure 2. Comme son nom l'indique, dans ce mode la course discrète du rotor est divisée par 2 et en faisant une seule course, il tourne de la moitié de l'angle nominal. En se référant à l'exemple ci-dessus, une seule course sera effectuée tous les $0,9^\circ$, tandis que le nombre de courses par tour complet augmentera à 400.

Pour un fonctionnement en demi-pas, une alimentation alternative de deux phases (bobines) est nécessaire. En conséquence nous obtenons une augmentation du couple par rapport au fonctionnement avec l'alimentation monophasée, un fonctionnement « plus doux » du moteur et le doublement précité de la résolution angulaire.

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME



Figure(2,19) Principe de fonctionnement du moteur en mode demi-pas avec une alimentation biphasée

MOTEURS UNIPOLAIRES ET BIPOLAIRES :

Une autre division des moteurs pas à pas résulte de la méthode de réalisation de l'enroulement dans les moteurs biphasés. En fonction de l'enroulement, les moteurs sont divisés en unipolaires et bipolaires. La principale différence est que le moteur unipolaire fonctionne avec une polarité de courant (tension), tandis que le moteur bipolaire fonctionne avec deux polarités, ce qui signifie que le sens du flux de courant dans la bobine est variable.

Autre différence est que les bobines du moteur doivent être connectées de telle sorte qu'il soit possible de transférer la puissance de l'extrémité d'une bobine au début de l'autre bobine. Cette manière de connexion permet d'utiliser le courant (tension) d'une seule polarité

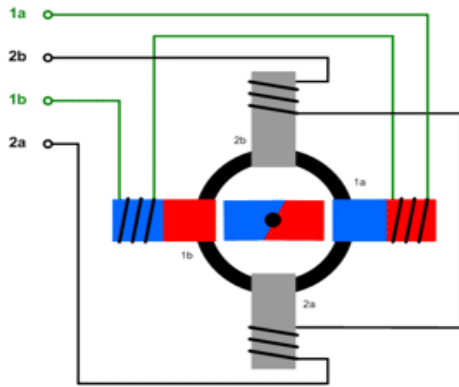


Figure (2,20) Moteur bipolaire et la manière de connexion de ses enroulements

Un moteur bipolaire se caractérise par le couple plus élevé qu'un moteur unipolaire, bien que cela se fasse au détriment de commande plus complexe.

2-8-11-AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES MOTEURS PAS A PAS

Parmi les principaux avantages du moteur pas à pas il y a un fonctionnement précis, un contrôle facile de la position du rotor et de sa vitesse rotative. Ceci peut être réalisé avec une structure relativement simple et un faible coût de la solution finie. Le couple du moteur est très élevé à bas régime. Il n'y a pas de balais dans la construction du moteur, ce qui se traduit par une durabilité mécanique élevée et une fiabilité accrue. Le contrôle facile du moteur est une autre caractéristique importante : le démarrage rapide grâce à un couple élevé, l'arrêt facile grâce à un couple de maintien élevé et la possibilité de changer rapidement le sens de rotation. Dans de nombreuses applications, la facilité de mise en forme des caractéristiques de démarrage et d'arrêt est également très importants.

CHAPITRE2 : CONCEPTION DU SYSTÈME

Le besoin en énergie est l'un des inconvénients plus importants du du moteur pas à pas. Le moteur doit être alimentée à la fois lorsqu'il est en mouvement et lorsqu'il est arrêté. Le couple du moteur est le plus élevé à un régime relativement bas et il diminue à un régime élevé. Comme nous avons mentionné ci-dessus, il est fortement lié au courant traversant les bobines qui dépend à son tour de leur impédance, qui

Augmente avec l'augmentation de la fréquence de commutation. Pour ces raisons il est impossible d'obtenir une vitesse rotative élevée tout en maintenant le couple et la capacité du moteur à « supporter » la charge réglée. Si le couple est insuffisant cela entraîne un phénomène appelé le glissement ou la perte de pas. Par conséquent, un mécanisme de rétroaction est nécessaire pour une commande fiable du moteur, qui peut être mis en œuvre par exemple sur la base d'un codeur ou d'un autre type de capteur. Grâce à lui, le contrôleur du moteur peut « s'assurer » que le moteur a effectué le nombre de pas réglé.

2-9- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la partie mécanique et la partie électronique du projet. Dans la partie électronique, la carte Arduino est considérée comme le cerveau de system à travers le microcontrôleur ATmega 328p, car il est responsable de l'implémentation des programmes qui lui sont assignés. Quant à la partie mécanique, il fonctionne pour transférer le mouvement circulaire produit par le moteur pas à pas à un mouvement droit. Il est responsable de pousser ou de tirer l'injection, Nous avons également expliqué toutes les composantes du projet, avec une explication détaillée de leur fonctionnement et de la façon de les relier.

Chapitre 3 :

Réalisation et étude du

Prototype

3. Chapitre 3 Réalisation et étude du Prototype

3-1- Introduction

Le but de ce projet est de créer un système qui réponde à notre étude théorique, c'est-à-dire un système qui permet de pousser la seringue, en la programmant pour qu'elle puisse injecter des doses spécifiques de solution dans une période prédéfinie. Par conséquent, notre étude sera divisée en deux parties, l'une sur l'électronique du système, c'est-à-dire l'Arduino qui contrôle la seringue, et l'autre partie sur le mécanisme qui entraîne la seringue.

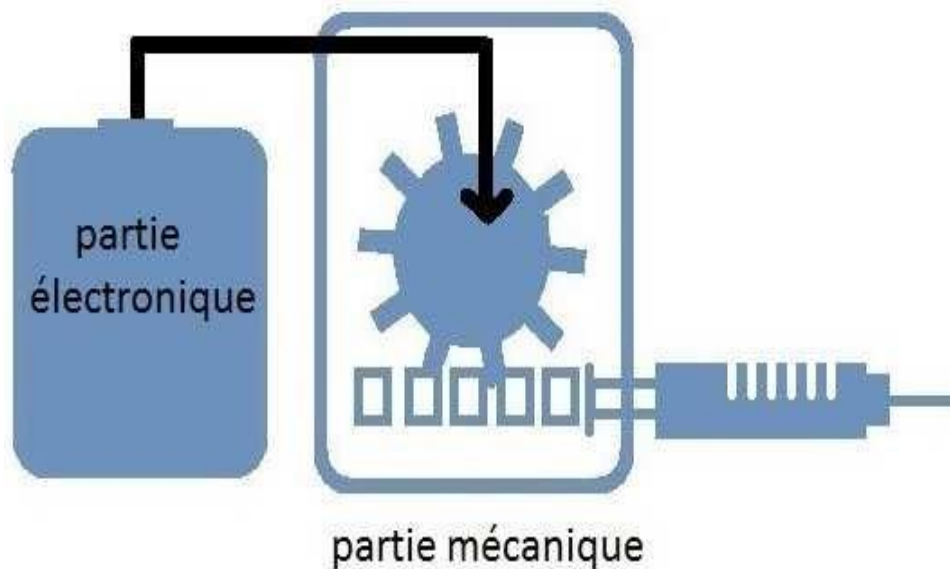


Figure 3.1: Schéma simplifié du système de poussée de seringue.

Comme mentionné précédemment, ce projet se compose de deux parties : une partie mécanique et une partie électronique (matériel et logiciel). La forme générale du projet apparaît dans le schéma suivant :

Chapitre 3 : Réalisation et étude du Prototype

3-2-1- Diagramme du projet

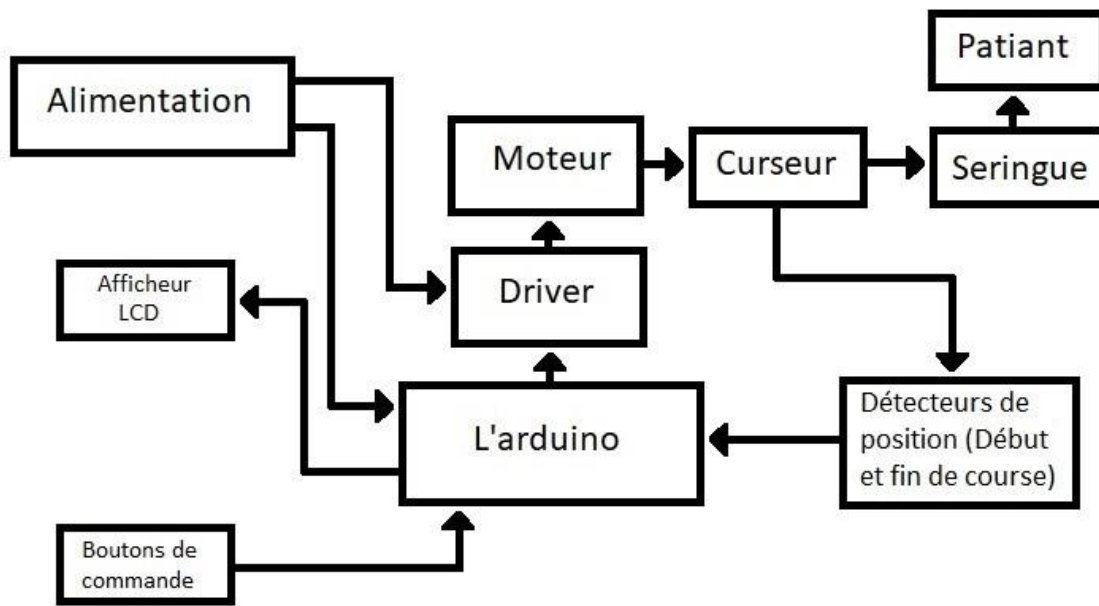


Figure (3,2) Diagramme du projet

3-2-2- Schéma électrique globale

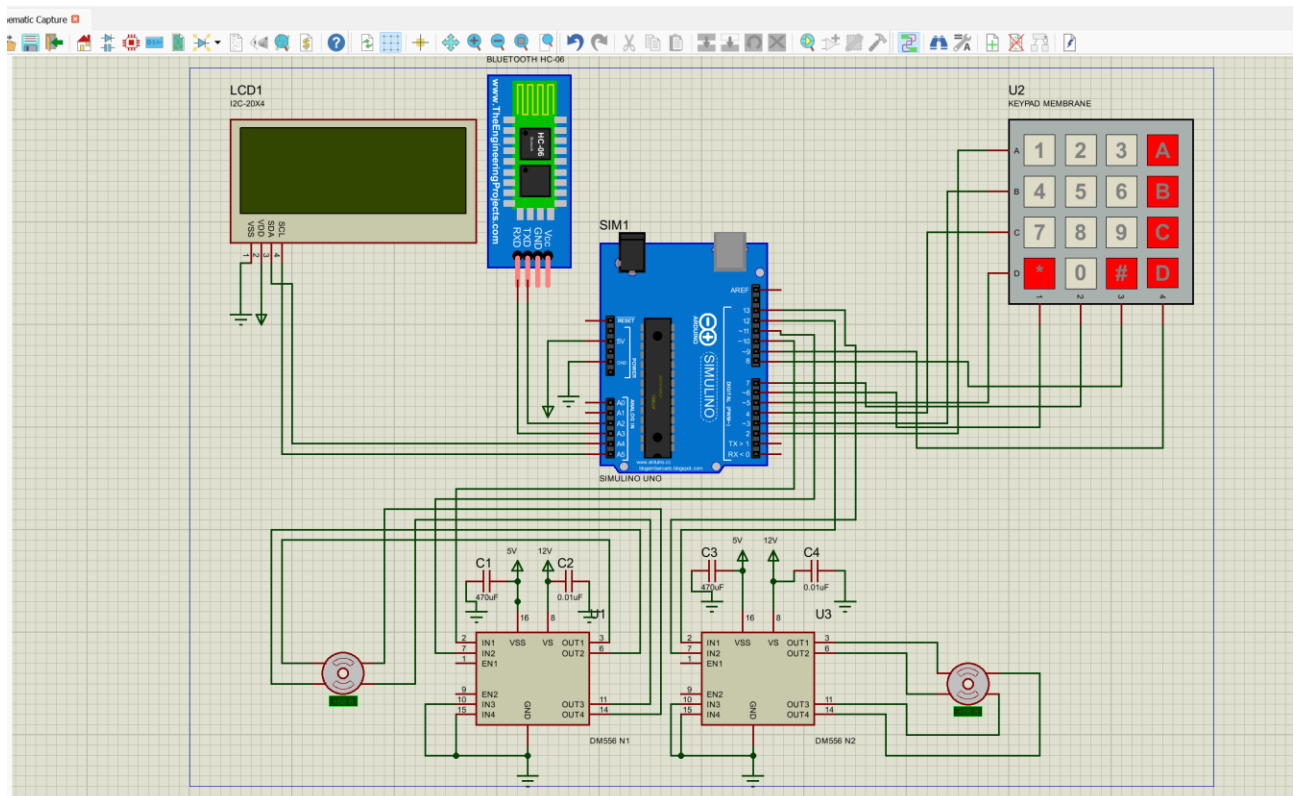


Figure 3.3 schéma électrique globale

3-3- Partie Hardware

3-3-1- Principe de fonctionnement du schéma global

Notre réalisation qui est basée autour d'un élément central forme un système qui permet de contrôler deux seringues motorisées avec précision, grâce à une interface utilisateur (clavier + LCD) et une connexion Bluetooth

. Composants et leurs Rôles

. Arduino Uno

- Rôle : Cerveau du système, il contrôle les moteurs, gère-les entrées/sorties et communique avec les périphériques.
- Fonctionnalités :
 - Envoie des signaux aux drivers DM556 pour contrôler les moteurs.
 - Lit les commandes du clavier matriciel.
 - Affiche les informations sur l'écran LCD.
 - Reçoit des commandes via Bluetooth (HC-06).

. Drivers DM556

- Rôle : Piloter les moteurs pas à pas avec précision.
- Fonctionnement :
 - Reçoit un signal `STEP` (pas) et `DIR` (direction) de l'Arduino.
 - Peut gérer des micro-pas pour un mouvement plus fluide.
 - Protège les moteurs contre les surcharges.

. Moteurs Pas à Pas

- Rôle : Convertir les impulsions électriques en mouvement mécanique.
- Pousser les pistons des seringues avec précision.
- Permet un débit réglable (vitesse et volume).

. Afficheur LCD (

- Rôle : Afficher les informations en temps réel.
- Données affichées :
 - Volume injecté (mL).
 - Vitesse de déplacement (mm/min).
 - Mode (manuel/automatique).
 - Messages d'erreur (ex. "Seringue vide").

. Clavier Matriciel

- Rôle : Permettre à l'utilisateur de saisir des paramètres.

. Module Bluetooth HC-06

- Rôle : Permettre un contrôle sans fil via smartphone/PC.

. Alimentation (12V-24V)

- Rôle : Fournir assez de puissance aux moteurs et drivers.
- Critères :
 - Doit correspondre aux besoins des moteurs.

3-4- La partie mécanique

Cette partie est pour but de dimensionner les différents éléments fonctionnels de notre dispositif pour assurer le bon fonctionnement de ce dernier.

3-4-1- Les vis trapézoïdales

La vis trapézoïdale c'est une tige filetée, la tige filetée est en mécanique le composant mâle d'un système vis/écrou destiné à l'assemblage de pièces ou à la transformation de mouvement. Son complément, pièce femelle est l'écrou.

Les vis trapézoïdales permettent la conversion d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation.



Figure (3,4) Vis trapézoïdale.

3-4-2- Système de guidage

Douilles à billes

Une douille à billes, aussi appelée roulement linéaire ou palier linéaire à billes, est un composant mécanique qui permet de guider un mouvement linéaire avec peu de frottement. Elle se compose d'un ensemble de billes en mouvement, qui sont placées entre une cage extérieure et un chemin de billes sur un arbre ou un rail. Ces douilles facilitent le déplacement précis et fluide d'un élément de machine le long d'une surface.

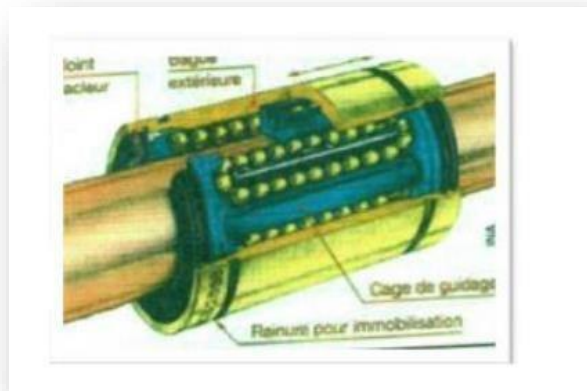


Figure (3.5): Douilles à billes

3-4-3- Rail de guidage

Un rail de guidage est un élément mécanique ou un outil utilisé pour guider un mouvement linéaire, ou pour assurer la stabilité et le bon alignement d'un objet en mouvement. Il peut être utilisé dans divers contextes, comme en mécanique, en bricolage, ou en chaussure.



Figure (3,6):Rail de guidage

3-4-4- Transmission par vis à bille

Une transmission par vis à bille est un système mécanique qui transforme un mouvement rotatif en mouvement linéaire, ou inversement, avec une grande précision et une faible friction. Ce système utilise des billes qui roulent entre la vis et l'écrou, réduisant considérablement le frottement et augmentant l'efficacité de la transmission.

La vis à billes s'impose donc dans les cas:

- De transmission de puissance.
- De mouvement de précision.



Figure (3 ,7) vis à billes

3-5- Partie électrique

3-5-1- Piloter un écran LCD :

Pour piloter un écran LCD on a besoin de Matériel suivants

Arduino Uno

Des Jumpers

Un écran LCD pour Arduino

Un module I2C

3-5-2- Module I2C:

Un I2C (Inter-Integrated Circuit) est un bus informatique.

Chapitre 3 Réalisation et étude du Prototype

- Utiliser pour les applications d'électronique, il permet de relier facilement un microprocesseur et différents circuits tout en réduisant le nombre de lignes nécessaires à seulement deux lignes : SDA (Serial DATA) et SCL (Serial CLOCK)

3-5-3- Montage du module I2C et de l'écran LCD :

Le montage est vraiment très simple et vous pouvez souder le module I2C et l'écran LCD comme ceci :

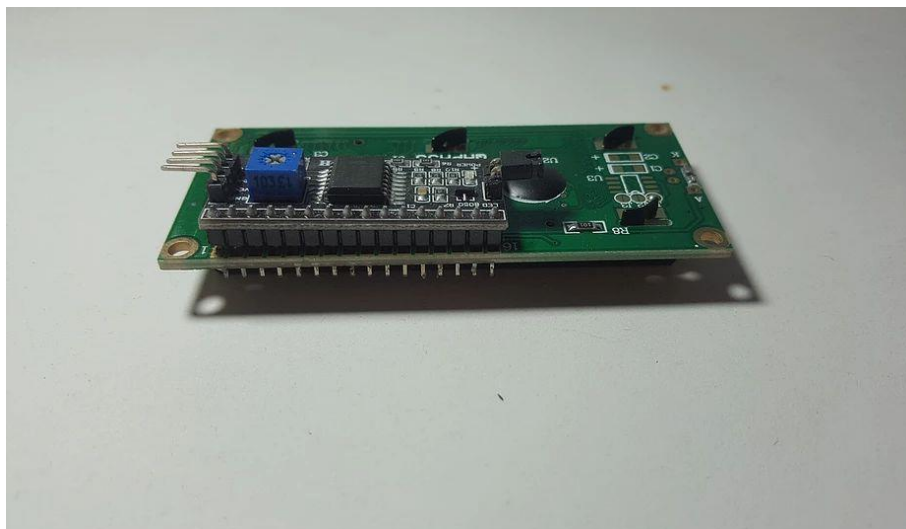


Figure (3,8) I2C avec LCD

Vous pouvez également les relier tout simplement à l'aide d'une Breadboard.

3-5-4- Mise en place de la liaison I2C-Arduino

Sur le schéma ci-dessous, le PIN A5 représente aussi le pin SCL et le pin A4 représente le pin SDA :

Le montage à faire est le suivant :

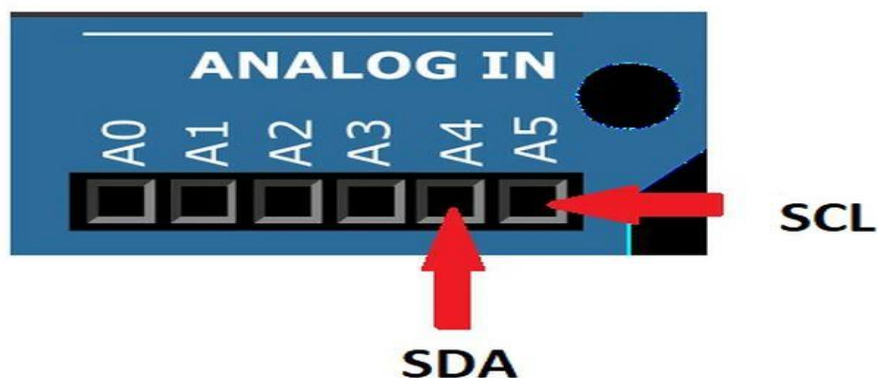


Figure (3.9) liaison I2C-Arduino

Chapitre 3 Réalisation et étude du Prototype

Le montage final est le suivant :

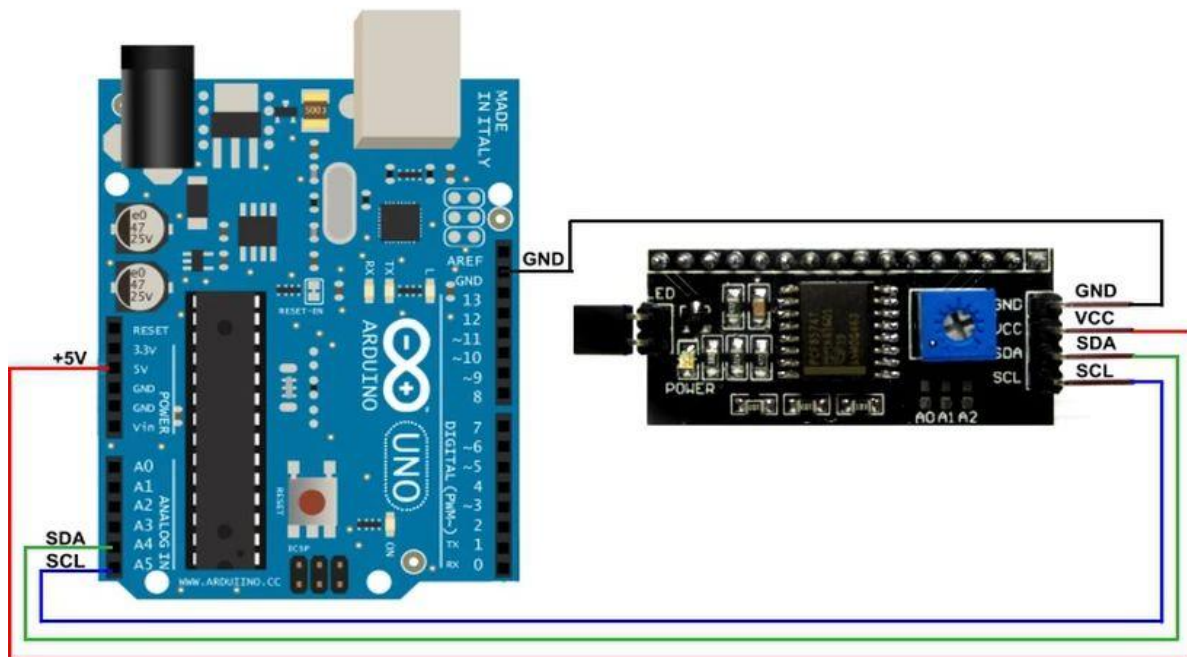


Figure (3,10) I2C, LCD avec Arduino

3-6- Brochage moteur pas a pas avec driver dm 556

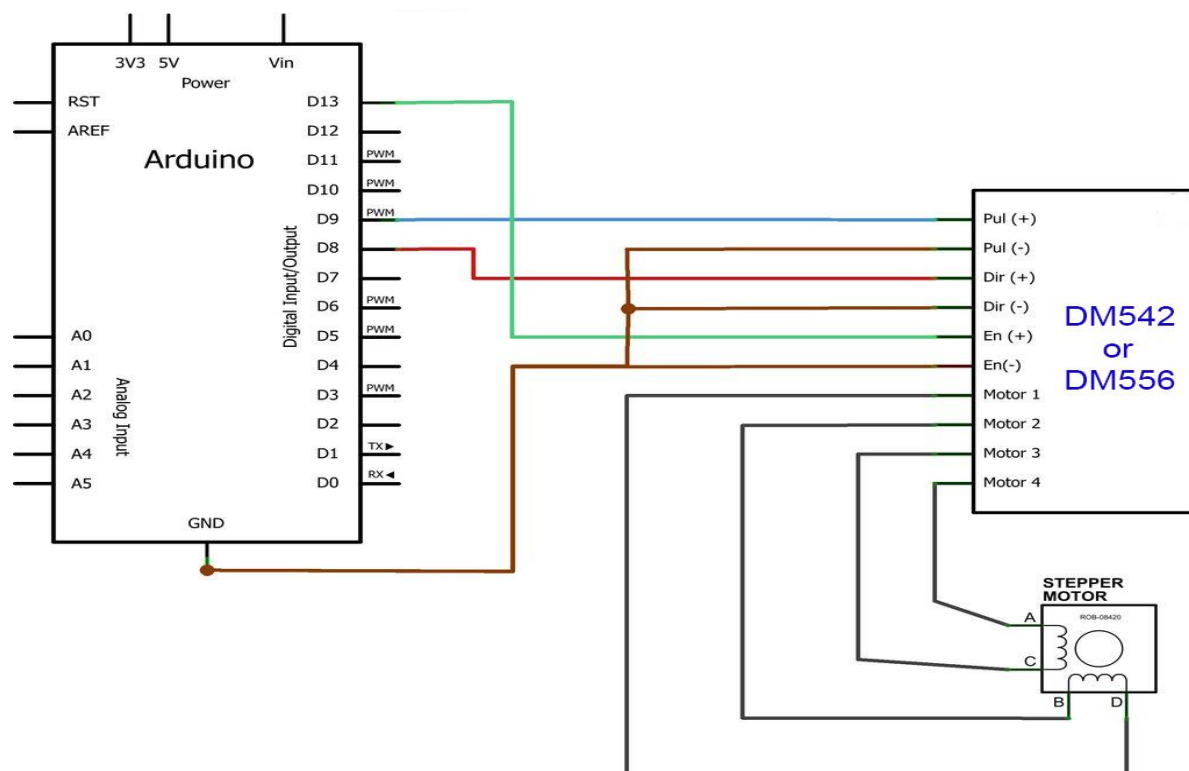


FIGURE (3,11) Brochage moteur pas a pas avec driver dm 556

3-7- Clavier matriciel

3-7-1- Définition :

Un clavier matriciel, également appelé keypad en anglais, permet de récupérer des caractères (chiffres 0 à 9, lettres A à D, symboles * et #).

Ses touches sont disposées en matrice de 4x4 ou 3x4 ; ce sont de simples boutons poussoirs. Le dispositif est passif et comprend 7 ou 8 pattes physiques :

- 4 pattes reliées aux touches d'une même colonne
- 3 ou 4 pattes reliées aux touches d'une même ligne

Le clavier doit être utilisé comme indiqué comme ci-dessous :

- Quatre pattes de la carte doivent être configurées comme sorties et quatre autres comme entrées. Des résistances de tirage peuvent être ajoutées afin de fixer l'état logique quand aucune touche n'est pressée.
- Les pattes en sorties sont mises à l'état haut et on lit l'état des pattes en entrée. En pressant une touche cela fera apparaître un état logique haut sur une des pattes d'entrée.
- En combinant les 0 et les 1 sur les pattes en sortie on peut déterminer quel bouton est pressé.

3-7-2- Brochage du clavier

Le clavier numérique utilise 8 broches de l'Arduino. Il est possible de les brancher sur n'importe quelle broche. Les broches 0 et 1, utilisées pour la connexion série via le port USB, sont à éviter.

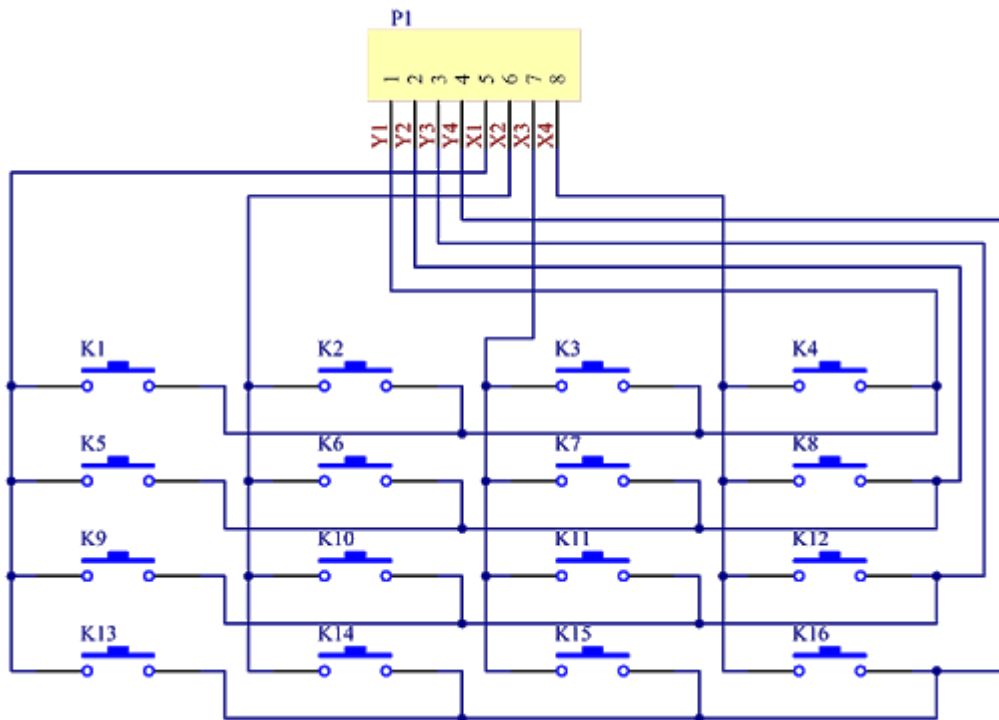


Figure (3,12) schéma de clavier (4*4)

3-8- Étude de la partie logicielle

Cette partie est dédiée à la représentation des plateformes informatiques utilisées dans le développement du système

3-8-1- Fonctionnement du programme qui gère notre système

3-8-2- Initialisation

1. L'Arduino démarre et initialise :
 - Les moteurs pas à pas (vitesse, accélération).
 - L'afficheur LCD (message de bienvenue).
 - Le Bluetooth (attente de connexion).
2. Le système attend une commande (clavier ou Bluetooth).

3-8-3- Contrôle Manuel (via Clavier)

- L'utilisateur appuie sur une touche :
 - `A` → Seringue 1 avance.
 - `B` → Seringue 2 avance.
 - `1-9` → Sélection du volume.
 - → Réinitialisation.

3-8-4- Contrôle Automatique (Programmé)

- L'utilisateur définit :
 - Le volume à injecter.
 - La vitesse de déplacement.
- L'Arduino calcule le nombre de pas nécessaires et active les moteurs.

3-8-5- Contrôle Bluetooth (Smartphone/PC)

- Envoi de commandes série :
 - `M1 1000` → Moteur 1 fait 1000 pas.
 - `M2 S200` → Moteur 2 règle sa vitesse à 200 pas/sec.
 - `STOP` → Arrêt d'urgence.

3-8-6- Affichage en Temps Réel (LCD)

- L'écran montre :
 - `Volume : 5.0 mL`
 - `Vitesse : 50 mm/min`
 - `Statut : En cours...`

3-9- L'organigramme du système

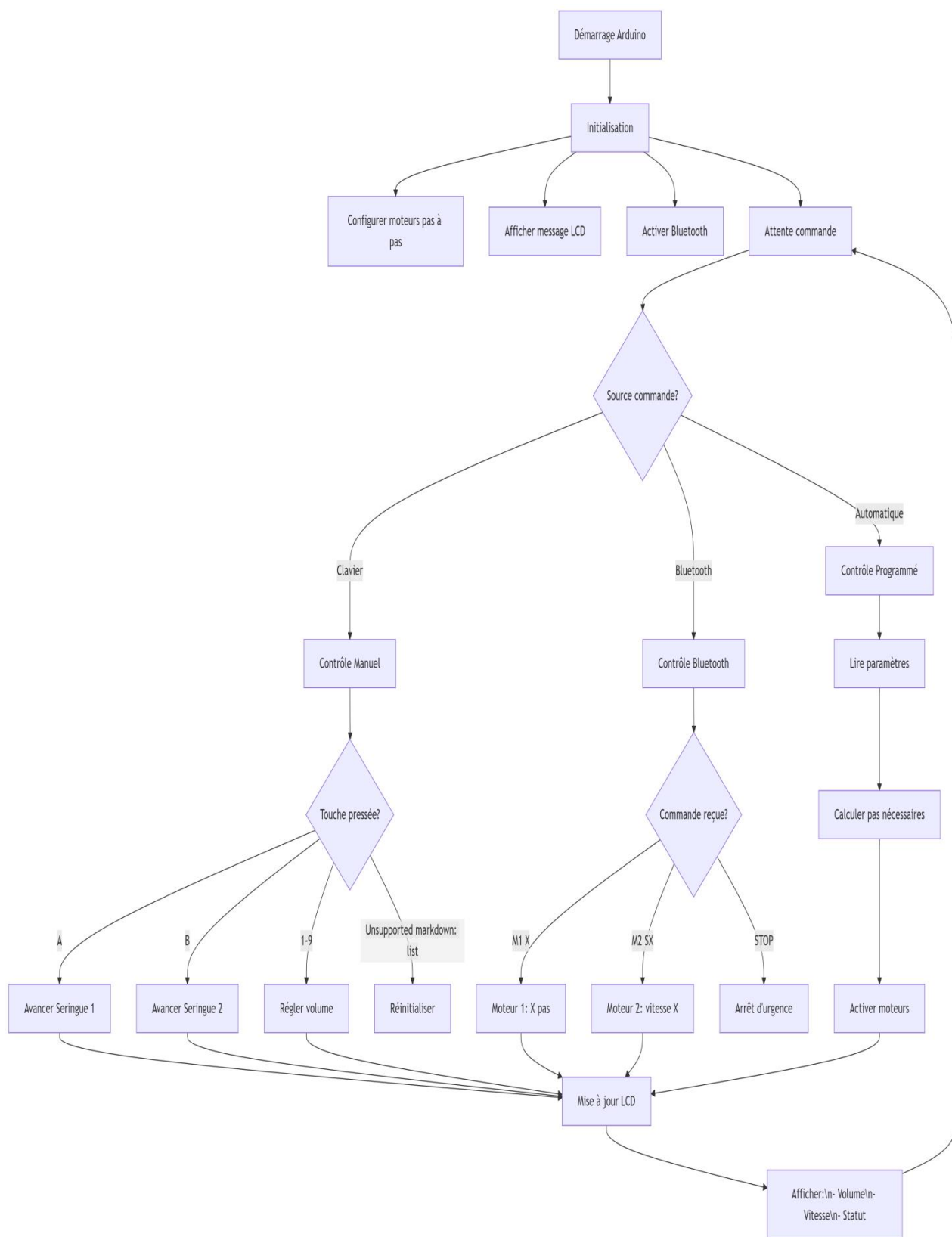


Figure (3,13) : l'organigramme du système

Ce pousse-seringue double offre une solution précise, programmable et flexible pour des

Chapitre 3 Réalisation et étude du Prototype

applications nécessitant un dosage automatisé. Grâce à l'interface clavier + LCD + Bluetooth, il peut être utilisé en mode manuel ou commandé à distance. Les drivers DM556 assurent un mouvement fluide et précis des moteurs pas à pas.

3-10- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé en détail les différentes phases d'élaboration de la carte électronique de commande. On a étudié la partie hardware et ceci en expliquant les différentes parties qui composent le prototype de pousse seringue réalisé, ainsi que leur fonctionnement respectif, et à la fin, on a entamé la partie software composée du programme qui sert à faire fonctionner la carte de commande. et on a donné un résumé de la façon de créer l'application Android Pour appareil Bluetooth.

Conclusion Générale :

Conclusion Générale

Ce projet de pousse-seringue double piloté par Arduino représente une solution innovante et polyvalente pour le dosage précis de liquides dans des domaines tels que la médecine, la recherche biomédicale ou la bio-impression. En intégrant des moteurs pas à pas contrôlés par des drivers DM556, le système offre une grande précision de déplacement, essentielle pour des applications sensibles comme les perfusions intraveineuses ou les réactions chimiques contrôlées.

L'ajout d'une interface utilisateur complète (clavier matriciel + afficheur LCD) permet une interaction intuitive, tandis que le module Bluetooth HC-06 élargit les possibilités de contrôle à distance via smartphone ou ordinateur. Cette combinaison de composants fait du système un outil à la fois autonome et connecté, adaptable à différents besoins expérimentaux ou cliniques.

Points Forts du Projet

- ✓ Précision et fiabilité grâce aux moteurs pas à pas et aux drivers DM556.
- ✓ Flexibilité d'utilisation avec trois modes de contrôle (manuel, automatique, Bluetooth).
- ✓ Interface conviviale (LCD + clavier) pour un réglage facile des paramètres.
- ✓ Modularité permettant des améliorations futures (capteurs de pression, IOT, etc.).

Applications Possibles

- Médical : Administration automatisée de médicaments.
- Laboratoire : Dosage précis de réactifs chimiques.
- Bio fabrication : Impression 3D de tissus biologiques.
- Robotique : Systèmes automatisés de distribution de fluides.

Perspectives d'Amélioration

Pour une version encore plus avancée, on pourrait intégrer :

- Un capteur de force pour détecter les blocages.
- Une mémoire EEPROM pour sauvegarder les paramètres.

Conclusion Générale

- Une connexion Wi-Fi pour un suivi en temps réel via cloud.

En conclusion, ce pousse-seringue intelligent alliant Arduino, moteurs pas à pas et interfaces de contrôle démontre comment l'électronique open-source peut répondre à des besoins professionnels exigeants, tout en restant accessible aux créateurs et aux chercheurs. Son architecture modulaire en fait une excellente base pour des développements ultérieurs, selon les besoins spécifiques des utilisateurs.

Un projet à la fois technique, pratique et évolutif.

Références bibliographiques :

Références bibliographiques

Bibliographie :

[1] PFE Réalisation d'un pousse seringue électrique commandé par Arduino

[2] PFE pfe res2]

[3] <https://www.ip-systemes.com/communication-bluetooth-comment-a-marche.html>

[4] <https://manuals.plus/planetcnc/dm556-digital-stepper-motor-driver-manual.pdf>

[5] <https://www.holrymotor.com/fr/what-is-nema-17-stepper-motor.html> [6] <https://www.tme.eu/fr/news/library-articles/page/41861/Moteur-pas-a-pas-types-et-exemples-dapplications-des-moteurs-pas-a-pas/>

[7] PFE Etude et réalisation d'une seringue électrique avec une carte Arduino

ANNEXES

ANNEXES

Annexe A : Liste des composants utilisés

A.1 Composants du prototype principal

Composant	Référence/Type	Quantité	Fonction
Moteur pas à pas	NEMA 17	2	Entraînement des poussettes- seringues
Microcontrôleur	Arduino UNO	1	Contrôle et traitement
Afficheur	LCD 20x4	1	Interface utilisateur
Module de communication	I2C	1	Communication série
Interface de saisie	Clavier matriciel	1	Saisie des paramètres
Driver moteur	DM 556	2	Pilotage des moteurs pas à pas

A.2 Circuit d'alimentation

Composant	Spécifications	Quantité	Fonction
Transformateur	220V/12V	1	Abaissement de tension
Régulateur de tension	7805 (5V)	1	Alimentation logique
Régulateur de tension	7812 (12V)	1	Alimentation moteurs
Condensateurs de filtrage	470 μ F, 01nF	Plusieurs	Filtrage et stabilisation
Diodes de redressement	1N4007	4	Redressement
Fusibles de protection	1A, 2A	2	Protection électrique

Annexe B : Spécifications techniques détaillées

B.1 Caractéristiques du moteur NEMA 17

- Type : Moteur pas à pas bipolaire
- Angle par pas : 1.8° (200 pas/tour)
- Tension nominale : 12V
- Courant par phase : 1.7A
- Couple de maintien : 4.4 kg.cm
- Résistance par phase : 1.5Ω

B.2 Spécifications Arduino UNO

- Microcontrôleur : ATmega328P
- Tension d'alimentation : 5V
- Entrées/Sorties numériques : 14
- Entrées analogiques : 6
- Mémoire Flash : 32 KB

B.3 Caractéristiques de l'afficheur LCD

- Type : LCD alphanumérique
- Dimensions : 20 colonnes \times 4 lignes
- Interface : Parallèle 4/8 bits ou I2C
- Tension d'alimentation : 5V